

**LENTOKONEHANKINTOJEN SUORIEN VASTAKAUPPATÖIDEN
VALINNAN JA KANNATTAVUUDEN ARVIOINNIN PERIAATTEET**

Pertti Korhonen

Tampereen yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Pro gradu – tutkielma
Helmikuu 2003

Tampereen yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden laitos
Pertti Korhonen: Lentokonehankintojen suorien vastakauppatöiden
valinnan ja kannattavuuden arvioinnin periaatteet
Pro gradu -tutkielma, 58 sivua
Helmikuu 2003

TIIVISTELMÄ

Tavoitteet

Tämän tutkimuksen tavoitteena on kuvata, kehittää ja testata metodeja, joilla lentokalustohankintojen suorina vastakauppoina tehtäviä töitä voidaan valita ja arvioida töiden taloudellista kannattavuutta. Aihetta tarkastellaan ostajamaan näkökulmasta.

Tutkimusmetodi

Tutkimusmetodi on pääasiassa konstrukttiivinen. [Järvinen ja Järvinen: Luku 5]
Suorien vastakauppatöiden valintamenettelyä ja töiden merkitystä lähinnä keskuskorjaamoiden kuormitukseen tarkastellaan innovaation toteutuksena. [Järvinen ja Järvinen: 5.1]

Suorilla vastakauppatöillä saatavan osaamisen merkitystä kaluston käyttöiän aikaisessa tehdastason ylläpidossa sekä vastakauppatöiden taloudellisen kannattavuuden arviointia selvitetään samoin innovaation toteutuksena. [Järvinen ja Järvinen: 5.1]

Esimerkkeinä olevia Ilmavoimien Hornet-hankinnan suoria vastakauppatöitä ja niiden kannattavuutta ostajan kannalta tarkastellaan jälkiarviointina (ex post-tutkimus). [Järvinen ja Järvinen: 5.2]

Tulokset

Tutkimuksen tuloksena on kaksi normatiivista metodologiaa, toinen vastakauppatöiden valintaan ja toinen töiden taloudellisen kannattavuuden arviointiin.

Valintametodilla pystytään löytämään vastakauppatöiksi sellaisia työosuuksia, joissa saatu osaaminen ja kehitetty menetelmätaso hyödyttävät kaluston ylläpitoa koko käyttöiän ajan.

Arviointimetodilla pystytään karkeasti arvioimaan vastakauppatöistä kaluston käyttöönoton ja koko käyttöiän aikana saatavaa hyötyä.

Johtopäätökset

Koska käytössä ei ole ollut yhtenäistä menetelmää vastakauppatöiden valintaan tai arviointiin, ovat valinnat perustuneet yleisesti alan asiantuntijoiden näkemykseen.

Tässä esitetyt menetelmät antavat yhtenäisen, joskin vielä varsin karkean, tavan valita ja arvioida vastakauppatöitä.

Testiesimerkkien mukaan kasvaa oikein valittujen töiden hyöty pelkästä vastakauppatyön tekemisen tuloksesta kaluston koko käyttöiän kattavaksi ylläpitohyödyksi. Lisäksi ne osoittavat, että tämän tyyppisten vastakauppatöiden kannattavuuden merkittävänä ehtona on se, että vastakauppatyön tekijä jatkaa kaluston ylläpitäjänä.

Tulosten rajoitukset

Koska esitetyt menetelmät ovat varsin teoreettisia ja osittaisia, niiden käyttäminen vaatii mahdollisimman hyvän tuloksen saamiseksi alan ja tehtaiden tilanteen hyvän tuntemisen.

Taloudellisen tuloksen tarkka laskenta ei ole edes mahdollista, mutta tässä esitetyillä yksinkertaisilla menetelmillä saadaan kuitenkin suuntaa antava arvio valintojen tueksi.

Koska kaikilta osa-alueilta ei vielä ole käytettävissä sopivia tutkimuksia, on monissa kohdissa jouduttu turvautumaan asiantuntija-arvioihin.

Tulosten edut

Kuvatut menetelmät auttavat ymmärtämään tuloksiin vaikuttavia osatekijöitä. Koska työvalinnat ja tulosten arvioinnit tehdään pieninä ja siten helpommin käsiteltävinä osina, pystytään kokonaisuus hallitsemaan ja saamaan käyttökelpoinen kokonaistulos.

Mahdolliset sovellutukset

Lentokaluston vastakauppatoiden lisäksi tässä kuvattuja ja esitettyjä menetelmiä voidaan käyttää myös muiden samantyyppistä käyttöturvallisuutta ja jatkuvaa ylläpitoa vaativien suurten hankintakohteiden suoria vastakauppoja vastaavien aloitustöiden arviointiin.

Tulevaisuuden vaikutukset

Käyttämällä näitä menetelmiä tulevissa hankinnoissa pystytään työt valitsemaan keskimääräistä tarkemmin ostajamaan strategiaan sopiviksi, arvioimaan töiden taloudellinen tulos tarkemmin ja perustelemaan valinnat paremmin. Lisäksi eri tapauksia on helpompi vertailla keskenään, kun arviointi koostuu samoista osatekijöistä ja on tehty samoilla menetelmillä.

Tutkimuksessa on tullut esiin monia osa-alueita, joita olisi tutkittava tarkemmin.

SISÄLLYS

1.	Johdanto.....	5
1.1	Aihepiiri.....	5
1.2	Aiheen tärkeys.....	5
1.3	Aikaisempien tutkimusten tulokset.....	5
1.4	Käytetty lähestymistapa ja sen edut.....	6
1.5	Tutkimuksen tavoitteet.....	6
1.6	Tulokset	6
1.7	Johtopäätökset.....	7
1.8	Tutkimuksen jakautuminen lukuihin.....	7
2.	Tutkimusympäristö.....	8
2.1	Hävittäjähankinta.....	8
2.2	Lentokaluston ylläpito.....	9
2.3	Lentokaluston ylläpidon tasot.....	9
2.4	Lentokaluston huoltotyön luonne.....	11
2.5	Lentokonealan työnjako Suomessa.....	12
2.6	Ilmavoimien teollisuudelle asettamat tavoitteet.....	12
	hankintaprojektissa	
2.7	Teollisuuden tavoitteet ja osuus hankinnassa.....	12
2.8	Vastakauppaperiaate.....	13
3.	Töiden valinta.....	14
3.1	Töiden valinnan tavoitteet.....	14
3.2	Lentokaluston käyttöiän aikana	14
	tarvittava osaaminen	
3.3	Lentokaluston peruskorjauksessa.....	16
	tarvittava osaaminen	
3.4	Lentokaluston vauriokorjauksissa	19
	tarvittava osaaminen	
4.	Töiden laajuus.....	20
4.1	Yrityksen resurssit.....	20
4.2	Resurssien kasvattaminen ja vähentäminen.....	20
4.3	Kapasiteetti.....	22
4.4	Korjaamoiden kuormitus konetyyppien vaihdon aikana.....	22
4.5	Vastakauppatöiden määrä.....	24
5.	Työkustannukset.....	26
5.1	Työtuloksen osatekijät.....	26
5.2	Työvaihejärjestelmä MDA:lla.....	27
5.3	Työvaihejärjestelmä Patria Finavitec:llä.....	28
5.4	Työmenetelmän valinta.....	28
5.5	Työajan kehittyminen.....	29
5.6	Hornetin kokoonpanosarjan työtuntien arviointiperiaate.....	30
5.7	MDA:n osaamisen siirto Patrialle.....	30
5.8	Työmenetelmän vaikutus kokoonpanoon ja työtunnin sisältö..	31
5.9	Työn kustannukset Suomessa.....	32
5.10	Suomessa tehdyn työn lisäkustannukset.....	33

6.	Vastakauppatöistä saatava hyöty määräaikaishuolloissa.....	34
6.1	Laskennan perusteet.....	34
6.2	Oppimisen vaikutus huoltotöissä.....	35
6.3	E-huollot.....	35
6.4	F-huollot.....	35
6.5	Kokoonpanojen vaikutus F-huolloissa.....	37
7.	Vastakauppatöistä saatava hyöty korjaus- ja muutostöissä.....	38
7.1	Kaluston vauriot.....	38
7.2	Vaurioiden korjaus keskuskorjaamolla.....	38
7.3	Korjaus vaihtoehtoisella korjaamolla.....	39
7.4	Järjestelmien päivittäminen ja modifiointi.....	41
7.5	Koekäytöt ja koelennot.....	42
7.6	Lentotunnin kustannukset.....	43
7.7	Vapaan kapasiteetin kuormittaminen.....	43
8.	Suorien vastakauppatöiden kannattavuus.....	47
8.1	Kokoonpanotyöstä aiheutuneet lisäkustannukset.....	47
8.2	Kokoonpanotyöstä saatavat hyödyt.....	47
8.3	Kokoonpanon taloudellinen tulos.....	48
9.	Hornetin suorat vastakauppatyöt.....	49
9.1	Valinnan tavoitteet.....	49
9.2	Vastakauppakertoimet.....	49
9.3	Dollarin kurssi.....	49
9.4	Valitut työt ja tavoitellut tulokset.....	50
9.5	Sopimukset.....	51
9.6	Sopimusjärjestelmä.....	51
9.7	Vastakauppojen kannattavuus laskentamallin mukaan.....	52
10.	Keskustelu.....	54
10.1	Tulokset.....	54
10.2	Rajoitukset.....	54
10.3	Jatkotutkimusaiheet.....	55
10.4	Muu käyttö.....	55
11.	Lähteet.....	56
12.	Lyhenteet.....	58

1. JOHDANTO

1.1 Aihepiiri

Lentokonehankintojen vastakauppatöitä on valittu hyvin erilaisilla, usein kauppa-poliittisilla perusteilla [Tarkastuskertomus 5/99: 3.3]. Tehdyillä vastakauppatöillä saavutetut tulokset sekä niiden määrittelytapa ovat olleet hyvin vaihtelevia.

Suoria vastakauppatöitä valittaessa on pääpaino usein ollut varsinaisilla alkutöillä ja niiden suorilla vaikutuksilla. Töillä saatavaan välilliseen hyötyyn kaluston ylläpidossa on usein viitattu, mutta näitä hyötyjä ei kuitenkaan ole tarkasti tutkittu tai määritelty. [Tarkastuskertomus 5/99: s. 67–68].

Suorina vastakauppoina tehtävien töiden aiheuttama ”deltaksi” nimetty kustannuslisä on yleensä kohdistettu vain varsinaiseen alkutyöhön, joten vastakauppojen kannattavuus on näyttänyt heikolta.

Ottamalla jo töiden valinnassa huomioon sekä töiden suorat että välilliset vaikutukset, pystytään valitsemaan kokonaisuuden kannalta sopivimmat työt. Kohdistamalla syntyvät lisäkustannukset sekä suorille että välillisille tuloksille, saadaan todellisempi kuva töiden kannattavuudesta.

1.2 Aiheen tärkeys

Suurissa puolustusvälinehankinnoissa voi suorienkin vastakauppojen arvo olla useita kymmeniä miljoonia euroja, joten vastakauppojen merkityksen hyvä tunteminen ja huomioon ottaminen on tärkeää jo kauppaneuvottelujen aloitusvaiheessa.

Töiden työllistävä ja kotimaista osaamista lisäävä vaikutus ulottuu kaluston koko käyttöäälle eli useille vuosikymmenille, joten aihe on sekä taloudellisesti että toiminnallisesti merkittävä.

1.3 Aikaisempien tutkimusten tulokset.

Suomessa ei ole ollut käytössä yhtenäistä menetelmää vastakauppatöiden valintaan tai niiden taloudellisen kannattavuuden arviointiin. Muualla mahdollisesti käytettävistä menetelmistä ei ole tietoa. Yleensä on käytetty asiantuntija-arvioita.

Suomeen ostettujen McDonnell Douglas F/A-18 C/D Hornet-hävittäjien vastakaupoista on tehty hyvä yleiskuvaus: ”Valtiontalouden tarkastusviraston tarkastuskertomus 5/99” [Tarkastuskertomus 5/99], jossa kuvataan ja arvioidaan laajasti Hornetin vastakauppanenettelyä tuloksineen. Siinäkin suoria vastakauppoja on kuvattu ja arvioitu melko lyhyesti ja töistä saadun osaamisen antamaan hyötyyn kaluston ylläpidossa on vain viitattu [Tarkastuskertomus 5/99: Luku 7, s. 67–68].

Vastakauppanenettelystä ja töiden hyödystä on julkaistu useitakin tutkimuksia, joita on lueteltu edellä mainitussa tarkastuskertomuksessa. [Tarkastuskertomus 5/99 s. 190] Tutkimuksissa on pääasiassa keskitytty vastakauppanenettelyyn, suoriin kustannuksiin ja suoriin vaikutuksiin.

Varsinaisesti tässä tutkittua töiden valinnan merkitystä, hintaeroa, kaluston koko käyttöäen aikaista ylläpitoa hyötyä ja kokonaisuuden kannattavuutta ei ole yhdessä esitetty.

1.4 Käytetty lähestymistapa ja sen edut.

Valmistajatehtaalla usein jo pitkään valmistetun tuotteen suorat valmistuskustannukset ovat oppimisen ja yleensä kehittyneiden työmenetelmien ansiosta alhaisemmat kuin samat työt aloittavalla uudella valmistajalla. Tämän takia eivät suorat vastakauppatyöt juuri koskaan ole taloudellisesti kannattavia pelkästään töinä.

Ottamalla huomioon myös vastakauppatöissä saatavan osaamisen ja yleensä myös korkeammalle kehitetyn menetelmätason antamat edut kaluston koko käyttöiän aikaisessa ylläpidossa sekä käytettävissä olevan kapasiteetin täydemmän kuormituksen, saadaan tarkempi kuva töiden todellisesta merkityksestä ja kannattavuudesta.

Edut myöhemmässä ylläpidossa ja korjaamoiden kapasiteetin kuormituksessa määräävät itse asiassa jo vastakauppatöiden kohteiden valinnan ja niiden laajuuden.

Tässä tutkimuksessa käytetyn lähestymistavan etuja ovat:

- Kokonaisongelma on jaettu osiin, jolloin
 - Kokonaisuuteen vaikuttavat osatekijät selkiytyvät.
 - Kokonaisongelma saadaan ratkaistua pieninä osina.
 - Osatekijöiden ja niiden vaikutuksen ymmärtäminen helpottuu.
 - Osatekijöiden käsittely helpottuu. Niille voidaan kehittää laskenta- ja arviointimenetelmiä.
- Tarkastelu peittää kaluston koko eliniän, valinnasta poistoon saakka.
- Antaa valinnoille arvausta paremmat perusteet.

Menetelmiä on kuvattu ja kehitetty pääasiassa Ilmavoimien hävittäjähankinnan ja Patrialla Horneille tehdyn loppukokoonpanon tiedoilla. Menetelmien toimivuutta ja niillä saatavia tuloksia on testattu myös Hornetin muiden suorien vastakauppojen avulla.

1.5 Tutkimuksen tavoitteet.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on etsiä, kuvata ja testata valinta- ja arviointimetodeja, joilla voidaan selvittää ostajamaan kannalta:

1. Millaisia töitä olisi valittava keskuskorjaamotason vastakauppatöiksi (aloitustyöt).
2. Mitkä työt olisi valittava vastakauppatöiksi, jotta ne hyödyttäisivät parhaiten kaluston koko eliniän aikaista ylläpitoa ja vastaisivat käytettävissä olevaa kapasiteettia.
3. Mitkä tekijät vaikuttavat suorien vastakauppatöiden kannattavuuteen?
4. Miten taloudellista kannattavuutta voidaan arvioida.

1.6 Tulokset

Tutkimuksen tuloksena on kehitetty ja kuvattu sekä Hornet-aineistolla osittain testattu kaksi normatiivista metodologiaa.

Vastakauppojen valintametodilla pystytään valitsemaan vastakauppatöiksi sellaisia osatöitä, joissa saatava osaaminen ja joita varten kehitettävä menetelmätaso hyödyttävät kaluston koko käyttöiän aikaista ylläpitoa.

Lisäksi on kuvattu keskuskorjaamon kapasiteetin käyttäytyminen kaluston vaihtuessa ja vastakauppatöiden laajuuden sovittaminen keskuskorjaamon mahdollisuuksiin.

Taloudellisen kannattavuuden arviointia varten on kehitetty oppimiskäyrään perustuva menetelmä, jolla voidaan arvioida myöhemmässä ylläpidossa vastakauppatöiden ansios- ta saavutettava työtuntisäästö ja siitä johtuva taloudellinen säästö.

1.7 Johtopäätökset

Esitetyt menetelmät antavat mahdollisuuden vastakauppatöiden kokonaisuuden hallintaan sekä yhtenäiseen töiden valintaan ja vertailuun. Erityisesti evaluoinneissa eri tapausten tiedonhankinta ja keskinäinen vertailu helpottuvat yhtenäisen käsittelymenetelmän ja selkeiden osajakojen ansiosta.

Laaja kokonaistehtävä on jaettu hallittaviksi osiksi, jotta asian ymmärtäminen ja käsittely helpottuvat. Kuvatut ja kehitetyt menetelmät ovat vielä varsin teoreettisia, joten niiden käyttö vaatii tervettä järkeä sekä alan ja tilanteen tuntemisen.

Hornet-tapausten testaus osoittaa, että tässä esitetty vastakauppatöistä saatava oppimishyöty parantaa kannattavuutta merkittävästi vain silloin, kun vastakauppatyön tekijä jatkaa kaluston ylläpitäjänä.

Tarkastelun pohjana ovat eri organisaatioiden väliset esitykset, tarjoukset, tilaukset ja muut kaupalliset asiakirjat, joten tarkastelussa ei puututa organisaatioiden sisäisiin menettelyihin tai töiden tuloksellisuuteen.

1.8 Tutkimuksen jakautuminen lukuihin

Luvussa 2 kuvataan tutkimusympäristö eli Suomessa 1990-luvulla käytetyt sotilasilmailukaluston täydennyksen ja ylläpidon periaatteet. Kuvaus on melko laaja, jotta alaa tuntematonkin lukija voisi hahmottaa tilanteen.

Luvussa 3 kuvataan, miten lentokaluston suorien vastakauppatöiden valinnassa voidaan huomioida töiden antama hyöty myöhemmässä ylläpidossa.

Luvussa 4 kuvataan, miten suorien vastakauppatöiden laajuus voidaan määritellä vastaamaan käytettävissä olevaa kapasiteettia.

Luvussa 5 kuvataan, miten voidaan määritellä suorien vastakauppatöiden aloitustaso, työssä tarvittavat työtunnit ja työn hinta uudessa organisaatiossa.

Luvussa 6 esitetään arviointimenetelmä suorista vastakauppatöistä kaluston käyttöiän aikaisessa ylläpidossa saatavan hyödyn määrittämiseksi. Esimerkkiaineisto on käytetty Hornetin loppukokoonpanoa ja suunniteltuja määräaikaishuoltoja.

Luvussa 7 esitetään arviointimenetelmä suorista vastakauppatöistä kaluston muutostöissä (modifiointi) ja suunnittelemattomissa korjaustöistä saatavan hyödyn määrittämiseksi.

Lisäksi tarkastellaan kaluston vaihdon aikana aloitustöistä saatavaa hyötyä.

Luvussa 8 esitetään yhteenveto Hornetin loppukokoonpanon taloudellisesta kannattavuudesta.

Luvussa 9 tarkastellaan edellä kuvattujen vastakauppatöiden valintamenetelmien ja kannattavuuden arviointimenetelmän toimivuutta Hornet-ympäristössä.

Luvussa 10 arvioidaan tämän tutkimuksen tuloksia

2. TUTKIMUSYMPÄRISTÖ

Tässä luvussa kuvataan tutkimusympäristö eli Suomessa 1990-luvulla käytetyt sotilas-ilmailukaluston täydennyksen ja ylläpidon periaatteet.

2.1 Hävittäjähankinta

Koska Ilmavoimien hävittäjäkaluston, 1970-luvulla Suomessa käyttöön otettujen Saab 35 Drakeneiden ja MiG-21bis:en suunniteltu käyttöikä tuli täyteen 1990-luvulla, oli periaatepäätös hävittäjäkaluston uusinnasta tehtävä jo 1980-luvun loppupuolella.

Varsinainen hankintaprosessi aloitettiin keväällä 1989. Tällöin suunniteltiin hankittavaksi 2 eri konetyyppiä, kumpaakin noin laivueellinen eli yhteensä 25+25 konetta. Ensimmäinen tarjouspyyntö 20 yksipaikkaisesta ja 5 kaksipaikkaisesta koneesta lähetettiin valmistajille 23.2.1990.

Ilmavoimien tekemä vertailu osoitti kuitenkin yhden konetyypin mallin tulevan käytössä taloudellisesti merkittävästi halvemmaksi kuin kahden konetyypin malli. Ilmavoimien esityksen perusteella Puolustusministeriö päätyi yhden konetyypin malliin. Uudet tarjouspyynnöt 60 yksipaikkaisesta ja 7 kaksipaikkaisesta koneesta lähetettiin 3.1.1991 Dassault Aviationille Ranskaan, General Dynamicille USA:n ja Saab-Scanialle Ruotsiin sekä 12.4.1991 myös McDonnell Douglasille USA:n. Vastaukset pyydettiin 15.7.1991 mennessä.

Tarjousten perusteella tarkempaan evaluaatioon Ilmavoimat valitsi:

- Ruotsalaisen Saab-Scanian JAS 39 Gripenin,
- Ranskalaisen Dassault Aviationin Mirage 2000-5:n,
- Amerikkalaisen General Dynamicin F-16 C/D Falconin,
- Amerikkalaisen McDonnell Douglasin F/A-18C/D Hornetin, sekä ilman tarjousta
- Venäläisen MiG-29:n.

Touko-joulukuussa 1991 Ilmavoimien asettama evaluointiryhmä teki koneille ensimmäisen, noin 2 viikkoa kestäneen evaluoinnin niiden kotimaissa. Helmi-maaliskuussa 1992 ryhmä teki koneille toisen noin 2 viikkoa kestäneen evaluoinnin Suomessa, paitsi MiG-29:lle Venäjällä.

Evaluointiryhmän tekniset alaryhmät tutustuivat samoihin aikoihin koneiden ja laitteiden valmistajatehtailla ja käyttöpaikoissa koneiden tekniikkaan, rakenteeseen, käyttöön ja ylläpitoon sekä mahdollisiin vastakauppakohteisiin.

Evaluoinnin tulosten perusteella Ilmavoimien Esikunta teki Puolustusministeriölle esityksensä hävittäjästä huhtikuussa 1992. Hävittäjäkauppaan liittyvä vastakauppasopimus allekirjoitettiin 19.5.1992.

Suomen hallitus päätti hävittäjäuusinnasta 4.6.1992 ja Puolustusministeriö allekirjoitti USA:n laivaston kanssa hankintasopimuksen 57 yksipaikkaisesta F/A-18C ja 7 kaksipaikkaisesta F/A-18 D Hornetista 5.6.1992. [IlmavE 6.10.97]

Tämä tarkastelu ajoittuu konehankinnan periaatepäätöksestä 1989 vuoteen 2001. Arvioinneissa on kuitenkin huomioitu myös tuleva käyttöaika kaluston poistoon saakka.

Tarkasteluaikana tehtiin

- Tarjouspyynnöt uudesta hävittäjäkonetyypistä
- Konetyyppien evaluointi,
- Teollisuuden vastakauppaneuvottelut,
- Konetyypin valinta ja tarkennusneuvottelut,
- Sopimukset,
- Koulutus,
- Lentokoneisiin liittyvät vastakauppatyöt ja
- Koneiden toimitus ja käyttöönotto

2.2 Lentokaluston ylläpito

Lentokaluston ylläpidolla tarkoitetaan kaluston lentokelpoisuuden tositettua ylläpitoa.

Lentokalustoa ylläpitävän (huoltavan ja korjaavan) organisaation ja sen toimintatapojen on oltava sekä viranomaisten että töitä teettävän organisaation (tilaajan) hyväksymiä. Hyväksymistä varten sekä virallinen tarkastusryhmä, että tilaajan tarkastajat auditoivat tekevän organisaation ja sen toimintatavat sekä antavat hyväksymisistään todistukset (sertifikaatit). Hyväksyntä on määräaikainen ja sen ylläpito edellyttää yleensä vuosittain tehtävien tarkastusten läpäisemistä. Työ tai työkokonaisuus (esimerkiksi koneen lentokelpoisuus) on tositettu, kun hyväksytty organisaatio on tehnyt työsuorituksen ja vahvistaa työsuorituksen ja työtuloksen organisaatiolle hyväksytyjen ohjeiden mukaisesti.

Kalustolle ovat ilmailuviranomaiset, valmistaja ja käyttäjä asettaneet käyttöä, kuntoa ja käyttöikää koskevia määräyksiä ja rajoituksia. Määräyksillä pyritään varmistamaan kaluston suunnittelun mukainen ja turvallinen käyttö.

Ylläpidon yksi tärkeimmistä osista on huoltojärjestelmä, sillä varmistetaan kaluston lentokelpoisuus ja turvataan käyttöaste. Määräaikaishuoltojärjestelmässä kalustolle on määritelty eriasteiset tarkastukset ja huollot koneen lentoajan, käyttökertojen tai kalenteriajan perusteella. Pienimmät tarkastukset tehdään ennen jokaista lentoa, suurimmat eli peruskorjaukset tehdään yleensä tuhansien lentotuntien tai useiden vuosien välein. Kulakin huollolla pyritään varmistamaan kaluston kunto seuraavaan huoltoon asti. Peruskorjauksessa kalusto kunnostetaan uutta vastaavaksi ja myös järjestelmät päivitetään ajan tasalle.

2.3 Lentokaluston ylläpidon tasot

Taulukossa 2.1 on esitetty yleisesti käytetyt lentokaluston ylläpidon eri tasot ja tehtävien työsisältö sekä paikat ja organisaatiot, joissa työt tehdään. Taulukko on kehitetty Patrialla käytetystä mallista. [AVI 1]

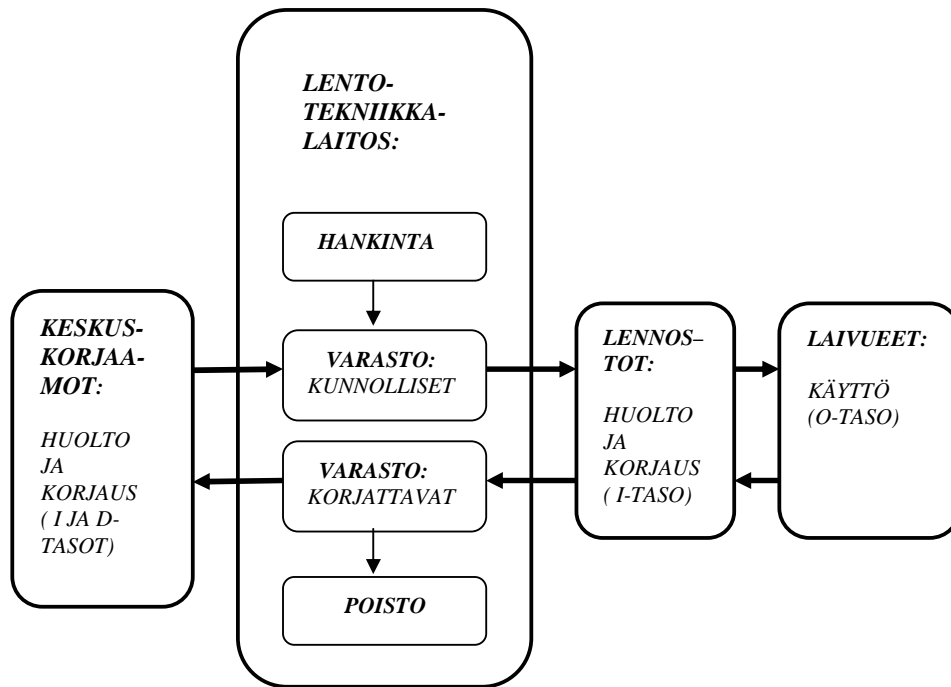
TAULUKKO 2.1: LENTOKALUSTON YLLÄPIDON TASOT

TASO	PAIKKA	TEHTÄVÄT
<i>O-TASO</i> (Operatiivinen taso)	<i>LENTUE</i>	<i>PÄIVITTÄINEN LENNÄTTÄMINEN JA YLLÄPITO OHJEIDEN MUKAAN</i> - Tankkaukset - Täydennykset - Tarkistukset
<i>I-TASO</i> (Intermediate eli välitaso)	<i>LENNOSTOKORJAAMO TAI KESKUSKORJAAMO</i>	LENTOKUNTOISUUDEN YLLÄPITO LAITEVAIHDOT SEKÄ PIENET KORJAUKSET JA SÄÄDÖT OHJEIDEN MUKAAN - Käyttö- ja lentokelpoisuuden testaus
<i>D-TASO</i> (Depot eli varikkotaso)	<i>KESKUSKORJAAMO</i>	LENTOKELPOISUUDEN YLLÄPITO - Vaativat huollot ja korjaukset - Peruskorjaukset - Käyttö- ja lentokelpoisuuden testaus - Osien ja komponenttien valmistus - Uusien ohjeiden teko
<i>T&K-TASO</i> (Tutkimus- ja kehitystaso)	<i>KESKUSKORJAAMO TAI LENTOKONEVALMISTAJA</i>	TEHTÄVÄKYVYN JA - VALMIUDEN SEKÄ YLLÄPITOKYVYN JA - VALMIUDEN KEHITTÄMINEN - Järjestelmät - Laitteet - Lentokonerakenteiden hallinta - Modifiointi - Huoltojärjestelmät - Testaus - Koelentäminen

Taulukossa esitetty jako neljään eri paikoissa toteutettavaan ylläpitotasoon on käytössä suurten maiden ilmavoimissa. Suomessa ylläpito tapahtuu käytännössä kahdessa paikassa, lennostoissa ja keskuskorjaamoilla.

Lentokaluston käyttö tapahtuu pääasiassa lentueissa, joita teknisesti tukee lennoston korjaamo. Ilmavoimien Lentotekniikkalaitos, aikaisemmalta nimeltään Lentovarikko, on myös Ilmavoimien materiaalitoimintojen keskustukipaikka. Lentotekniikkalaitos huolehtii ylläpitomateriaalien hankinnoista, varastoinnista ja jakelusta sekä teettää ja valvoo ylläpitotyöt keskuskorjaamoilla.

Materiaalin kierto Lentotekniikkalaitoksen, lennostojen ja keskuskorjaamoiden välillä on esitetty kaaviossa 2.2, joka on kehitetty Patrialla käytetystä mallista. [AVI 2]

KAAVIO 2.2: LENTOKALUSTON LAITTEIDEN KIERTO

Taulukko 2.1 ja kaavio 2.2 selittävät ylläpidon jakaantumisen eri paikkoihin, eri paikkojen vaatimukset ja yhteistyön merkityksen.

Tässä tutkimuksessa tarkastellaan pääasiassa keskuskorjaamotason toimintaa.

2.4 Lentokaluston huoltotyön luonne

Patrian mukaan [AVI 3] lentokaluston ylläpidolle ovat ominaisia:

- Tarkat viranomaisten vaatimukset ja valvonta
- Laaja yleis- ja tyyppikohtainen ohjeistus
- Tarkka laadunvarmistus
- Tarkka työn suunnittelu, valvonta ja dokumentointi
- Lyhytjänteinen tuotannosuunnittelu
- Henkilöstön koulutusaika on pitkä ja erikoiskoulutetun toimihenkilöstön osuus suuri
- Tarvitaan erittäin kalliit työvälineet ja tarkastuslaitteet
- Kallis kalusto ei jouda seisomaan korjaamalla

Lista osoittaa, että ilmailutyöt vaativat varsin laajan ja ammattitaitoisen tukiorganisaation. Pienissä, Patrian kokoluokan organisaatioissa toimihenkilöiden osuus on likimain puolet koko henkilöstöstä.

2.5 Lentokonealan työnjako Suomessa

Ilmavoimat on lentokaluston käyttäjä ja ylläpitäjä.

Lentokaluston ylläpito on Suomessa jaettu kahteen päätasoon, käyttäjä- ja keskuskorjaamotasoon. Ilmavoimat tekee itse käyttäjätason työt laivueissa, lennostoissa ja Ilmavoimien omilla korjaamoilla. Keskuskorjaamotason työt Ilmavoimat teettää pääasiassa suomalaisella teollisuudella.

Teollisuuden työnjako on ollut:

- Patria vastaa lentorangosta, moottoreista, mekaanisista laitteista ja osasta elektronisia laitteita
- Instrumentointi Oy vastaa osasta elektronisia laitteita.
- Finnair vastaa joistakin lähinnä hydraulikan erikoislaitteista.
- Lisäksi on joitakin yksittäisten laitteiden huoltajia.
- Valmistajatehtaat vastaavat joistakin harvoin tehtävistä erikoisosaamista tai kalliita erikoislaitteita vaativista töistä

Näitä ylläpidon periaatetta haluttiin jatkaa myös Hornetien ylläpidossa.

2.6 Ilmavoimien teollisuudelle asettamat tavoitteet

Ilmavoimat asetti sitä tukevalle ilmailuteollisuudelle hankintaprojektissa seuraavat pää-tavoitteet:

- Huoltokyky Ilmavoimien tukilaitoksena
- Modifikaatiokyky lentoturvallisuuden, käytettävyyden ja taistelukyvyn parantamiseksi
- Vauriokorjauskyky sekä RA-, että SA-aikana (Rauhan, kriisien ja sodan aikana)

Näitä päävaatimuksia täydensivät lisäehdot:

- Ilmavoimien vaatimat kyvyt priorisoidaan edellä esitetyssä järjestyksessä.
- Teollisuuden investointien tulee tukea myöhemmin suoritettavaa huolto-, modifiointi- ja/tai vauriokorjaustyötä.
- Osallistumiseen panostettavien ihmisten määrän ja hankitun tiedon tulee olla sopu-suinnussa myöhemmin tarvittavaan huolto-, modifiointi- ja vauriokorjaustyöhön nähden.
- Vauriokorjauskykyä ilmavoimat ei kykene pitämään yllä rauhan aikana.
- Teollisuuden osallistumisen tulee olla sopu-suinnussa uuteen huoltojärjestelmään liittyvän työnjaon kanssa. [Kansanen].

2.7 Teollisuuden omat tavoitteet

Ilmavoimien kaluston ylläpitoon osallistuvan teollisuuden tärkeimmät tavoitteet projek-tissa olivat Patrian mukaan:

- Lentokonealan teknisen osaamisen ylläpito, kehitys ja laajennus Ilmavoimien esittämien vaatimusten mukaisesti
- Hornetin teollisuuteen sijoittuvan huolto-, modifiointi-, kehitys- ja vauriokorjauskyvyn rakentaminen Ilmavoimien esittämien vaatimusten mukaises-ti. [AVI 4]
- Pitkällä aikavälillä tarvittavan kapasiteetin säilyttäminen ja tasainen kuormitus. [AVI 5]
- Ilmavoimien avustaminen hankinnan teknisissä osuuksissa
- Lentokoneteollisuuden suorista vastakaupoista huolehtiminen

2.8 Vastakauppaperiaate

Puolustustarvikkeiden kauppaan liitetään usein kompensatiovaatimus. Ostajamaat haluavat, että niiden teollisuus osallistuu suoraan ostettavan tuotteen valmistukseen tai kokoonpanoon (suorat kompensatiot) tai että myyjäyrittäjä järjestää ostajamaan yrityksille uutta liiketoimintaa kauppasumman arvosta (epäsuorat kompensatiot).

[Tarkastuskertomus 5/99: s 24]

Kompensatiovaatimukset, kompensatiosopimukset ja erityisesti toteutuneet kompensatiot eivät aina ole kauppasumman suuruisia, eli 100 %, vaan ne voivat vaihdella melkoisesti sekä ylös- että alaspäin. Kompensatiosta käytetään yleisesti myös nimitystä vastakauppa.

Suomessa vastakauppamenettelyä on sovellettu vuodesta 1977 alkaen läntisistä teollisuusmaista tehdyissä puolustustarvikehankinnoissa. [Sotataloustietoutta IV s.104]

Kauppa- ja teollisuusministeriön uusissa, 1.6.2002 voimaan tulleissa, teollista yhteistyötä (entinen vastakauppa) koskeissa ohjeissa on yhteistyö määritelty selkeästi. Ohjeiden mukaan ulkomaisen puolustusvälineen valmistajan tulee kohdistaa teollinen yhteistyö määritellyille tavoitealueille. Ensisijaisena tavoitteena on Suomen puolustusvälineiteollisuuden täysipainoinen osallistuminen hankittavan tuotteen osavalmistukseen, kokoonpanoon, testaukseen jne. Samalla on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että puolustusvälineiteollisuus saa käyttöönsä huoltoa ja kehitystyötä varten välttämättömäksi katsottavan osaamisen (suora teollinen yhteistyö). [Ktm:n kompensatiosäännöt]

Suorina vastakauppoina on aikaisemminkin lentokonekaupoissa pidetty suomalaisen lentokoneteollisuuden tekemiä Suomeen toimitettavien koneiden tai niiden järjestelmien työ- ja tarkastusvälineiden valmistusta, osien valmistusta, kokoonpanoja ja testauksia.

Vastaostovelvoite aiheuttaa myyjälle lisäkustannuksia, jotka myyjä lisää omina kuluinaan kauppahintaan. Ostajamaa joutuu täten maksamaan vastaostovelvoitteen aiheuttamat kustannukset koneiden lisähintana, jonka esimerkiksi Hornet-hankinnassa on arvioitu olevan noin 3-6 % kauppahinnasta, eli noin 100–200 MUSD [IlmaE 6.10.97]

3. TÖIDEN VALINTA

Tässä luvussa kuvataan, miten lentokaluston suorien vastakauppatöiden valinnassa voidaan huomioida töiden antama hyöty myöhemmässä ylläpidossa ja korjauksissa.

3.1 Töiden valinnan tavoitteet

Aloitettaessa uudessa paikassa lyhyenä sarjana työ, jota jokin muu valmistaja on tehnyt jo vuosia pitkinäkin sarjoina, on vaikeutena sopivan menetelmätason ja työntekijöiden koulutustason määrittäminen.

Jotta työtunnit saataisiin alkuperäisvalmistajan tasolle, olisi menetelmätaso ja henkilöstön osaamistaso nostettava likimain alkuperäisvalmistajan tasolle. Tällöin valmistelukustannukset nousisivat niin korkeiksi, että lyhyenä sarjana työtä tehtäessä työtunneissa saavutettava säästö ei riittäisi peittämään valmistelukustannuksia. Koska suorien vastakauppatöiden kustannukset nousevat joka tapauksessa korkeammiksi kuin alkuperäisvalmistajalla, on löydettävä kompromissi työhön käytettävien työtuntien, menetelmätason ja koulutuksen kesken.

Taloudellisesti paras tulos saavutetaan yleensä keskittymällä vain kapealle osa-alueelle ja valitsemalla työkohteiksi sellaisia töitä:

- Joissa saatu osaaminen voidaan suoraan hyödyntää kaluston käyttöään aikaisessa ylläpidossa eli määräaikaishuolloissa, vauriokorjauksissa ja peruskorjauksissa. Tällöin laajempi koulutus kannattaa paremmin, koska sitä voidaan hyödyntää kaluston koko käyttöään ajan.
- Joissa voidaan käyttää ylläpitotöissä tarvittavaa työ- ja tarkastusvälineistöä. Tällöin vastakauppatöissä käytetään pääasiassa myöhempää ylläpitoa varten muutenkin hankittavaa välineistöä. Vastakauppa- ja ylläpitotöiden yhteinen määrä mahdollistaa myös ylläpitotöiden minimitasoa korkeamman menetelmätason hankkimisen.
- Jotka luovat tai parantavat kykyä tehdä käyttöaikana tarvittavia korjaustöitä, pienistä lintutörmäysvaurioista suuriin törmäysvaurioihin.
- Jotka parantavat myös muilla osa-alueilla ja muussa kalustossa tarvittavaa osaamista.

3.2 Käyttöään aikana tarvittava osaaminen

Käyttöään aikana tarvittavaa osaamista tutkittiin selvittämällä erilaisten osaamisten antamaa kykyä ja niiden arvioitua tarveaikaa. Taulukossa 3.1. on kuvattu lähinnä mekaanisen kaluston ylläpidon eri vaiheet (työtasot), mikä kyky (osaamistaso) kunkin vaiheen osaamisella saadaan sekä milloin kyseistä kykyä tarvitaan. [AVI 6]

TAULUKKO 3.1: LENTOKALUSTON YLLÄPITOKYVYN KEHITTÄMISEN VAIHEET

VAIHE	SAAVUTETTAVA KYKY	TARVE
KOKOONPANO JA TESTAUS	VIAN ETSINTÄ JA KUNNON TO- TEAMINEN	ENNEN KALUSTON KÄYT- TÖÖNOTTOA
PURKAUS JA OSIEN TARKASTUS	VIAN POISTO UUSIMALLA VIOIT- TUNEET OSAT JA LAITTEET	KÄYTTÖÖN OTETTAESSA (Takuuaikana)
OSIEN KORJAUS	VAURIOITUNEIDEN TAI KULUNEI- DEN OSIEN KUNNOSTUS	5-10 VUOTTA KÄYTTÖÖN- OTOSTA
LAITTEIDEN JA RA- KENTEIDEN KORJAUS	KALUSTON ITSENÄINEN YLLÄPITO	5-15 VUOTTA KÄYTTÖÖN- OTOSTA

Taulukosta ilmenee, että lentokoneen ja sen laitteiden kunnon toteaminen testaamalla on perusasia, joka on osattava, jotta kalustoa ylipäänsä voidaan itsenäisesti käyttää.

Mikäli testauksessa lentokoneen tai jonkin sen laitteen kunto ei vastaa vaatimuksia, voidaan kunto palauttaa säätämällä laitetta, tarkistamalla ohjelmisto tai irrottamalla viallinen laite, asentamalla tilalle uusi laite ja varmistamalla toiminta testauksella. Koska säätötarvetta ja viallisia laitteita esiintyy alusta alkaen, on osien vaihtokin osattava jo kalustoa käyttöön otettaessa.

Kun kalusto otetaan käyttöön, alkaa myös käytön aiheuttama kuluminen. Aluksi kuluneet tai vaurioituneet osat korvataan uusilla varaosilla ja laitteilla. Käyttökelpoisuusrajan yli kuluneita mekaanisia osia alkaa tulla varastoon vasta myöhemmin suurista huolloista ja peruskorjauksista, mutta monet elektroniikkaa sisältävät laitteet vikaantuvat ennustamatta jo aikaisemmin. Vasta kun korjauskelpoisia osia kertyy riittävästi, kannattaa rakentaa korjauskyky. Tämä tapahtuu yleensä noin 5-10 vuoden kuluttua kaluston käyttöönotosta. Tällöin voidaan uusien varaosien kulutusta vähentää kunnostamalla ja käyttämällä vaurioituneet ja kuluneet osat. Suuri osa vaurioituneista tai kuluneista osista voidaan ja kannattaa kunnostaa, koska kunnostuksen kustannukset ovat yleensä alle puolet uusien varaosien hinnoista.

Varusteiden ja apulaitteiden korjauskyky tarvitaan hieman myöhemmin, yleensä 10–15 vuoden kuluttua käyttöönotosta.

Eri kykyjen rakentaminen ja ylläpito on kallista ja vaatii osaavaa henkilöstöä. Kyvyt kannattaa hankkia vasta sitten, kun niillä on riittävä kuormitus.

Taulukon 3.1 ja sen selityksen perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset töiden valintaan:

1. Kunnon toteaminen on kyky, joka tarvitaan kaikkien huoltojen, korjausten ja säätöjen yhteydessä alusta alkaen koko käyttöajan. Koko lentokoneen kunnon toteaminen tehdään lopputestauksilla ja koelentoilla, joilla varmistetaan lentokoneen lentokelpoisuus. Moottorin ja apulaitteiden kunnon toteaminen tehdään lopputestauksilla ja koekäytöillä, joilla varmistetaan laitteiden toimintakelpoisuus.
2. Jos edellisen kohdan mukaisissa testeissä on todettu, ettei laite tai toiminta täytä vaatimuksia, voidaan toimintakelpoisuus palauttaa usein osa-, ohjelmisto- tai laitevaihdolla ja varmistustesteillä. Laitevaihto edellyttää purkauksen ja asentamisen sekä kunnon toteamisen osaamisen.

Hornetissa näillä perusteilla valittuja töitä ovat:

1. Koneen maatestaukset
2. Koneen tarkastukset ennen lentoa
3. Koneen koelentäminen
4. Moottorin lopputarkastukset
5. Moottorin koekäyttö koekäyttötelineessä
6. Laskutelineiden lopputarkastukset
7. Laskutelineiden kokeilu koetelineessä

Koneen ja moottorin valitseminen johtuu niiden keskeisestä asemasta. Laskutelinejärjestelmä valittiin, koska Hornetin järjestelmä on monimutkaisempi kuin Patrialla aikaisemmin korjatut laskutelinejärjestelmät.

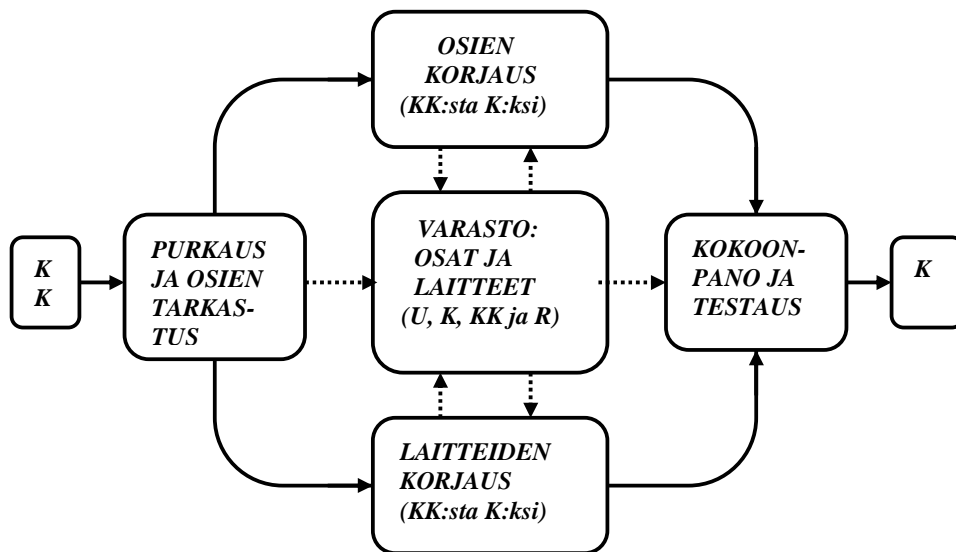
Laskutelineiden lisäksi voitaisiin valita myös muita vaativia laitteita ja järjestelmiä, mikäli keskuskorjaamolla olisi vapaata kapasiteettia käytettävissään.

3.3 Peruskorjauksessa tarvittava osaaminen

Peruskorjaus on täydellisin lentokalustolle tehtävä ylläpitotyö. Siinä kalusto saatetaan kaikilta osiltaan uutta vastaavaan kuntoon.

Mekaanisten laitteiden peruskorjauksessa laitteet puretaan täydellisesti osiin, mutta lentokoneessa useita kokoonpanoja jätetään purkamatta ja tarkastukset tehdään lentokone kokoonpantuna. Mekaanisten laitteiden peruskorjauksessa tarvittavaa osaamista tutkittiin kaaviossa 3.2 esitettyjen periaatteiden avulla. [AVI 7]

KAAVIO 3.2: LENTOKALUSTON PERUSKORJAUKSEN YLEISKAAVIO



Materiaalin kunnon merkinnät kaaviossa ovat:

U = uusi	KK = korjauskelpoinen
K = peruskorjattu, uutta vastaava	R = romu

Vaurioitunut tai peruskorjausjaksonsa käynyt lentokone, moottori tai laite toimitetaan korjauskelpoiseksi (*KK-laite*) määriteltynä keskuskorjaamolle.

Korjaustyö aloitetaan dokumenttien ja tavaran vastaanottotarkastuksilla. Näitä seuraa *purkaus* ohjeiden määräämään tasoon asti. Irrotetut laitteet menevät *laitteiden korjaukseen*, joka noudattaa pääohjelman kanssa yhdenmukaista kaaviota.

Puretut osat puhdistetaan, jotta ne voidaan tarkastaa. *Tarkastuksessa* osat jaetaan kunnan mukaan kolmeen ryhmään.

- Ensimmäiseen ryhmään kuuluvat kunnolliset eli suoraan käyttöön kelpaavat osat (K-osat). Jos näillä osilla on riittävästi käyntiaikaa, ne menevät *kokoonpanoon*, muuten *varastoon* odottamaan tulevaa käyttöä.
- Toiseen ryhmään kuuluvat kuluneet tai vaurioituneet, mutta korjauskelpoiset (KK-osat). Jos osa halutaan asentaa takaisin samaan laitteeseen, se lähetetään *osien korjaukseen*. Osat, jotka eivät mene samaan laitteeseen takaisin, menevät *varastoon* odottamaan myöhempää sarjakorjausta.

Sarjakorjauksessa korjauskelpoisia osia ja laitteita kerätään varastoon odottamaan korjausta. Kunkin laitteen tai osan korjaukset tehdään töiden kannalta sopivan kokoisina erinä (sarjoina), jolloin työn yksikkökustannukset (kustannukset / korjattu yksilö) pienenevät, koska varsinaiseen työsuorituksen verrattuna suuret työn valmistelu-, aloittamis- ja lopettamiskustannukset jakaantuvat useammalle yksilölle.

- Kolmanteen ryhmään kuuluvat niin pahasti vaurioituneet tai kuluneet osat, ettei niitä voi tai kannata korjata. Osat määritellään romutettaviksi (R-osat) ja toimitetaan *varastoon* odottamaan jatkotoimia.

Osien korjauksessa osat kunnostetaan peruskorjausvaatimusten mukaisesti ja ne saavat uuden käyntijakson, joka on yleensä sama kuin uusilla osilla.

Kokoonpanoon osat tulevat edellisen mukaisesti joko

- *Tarkastuksesta* (tarkastuksessa käyttökelpoisiksi todetut osat),
- *Korjauksesta* (korjauskelpoisista kunnollisiksi korjatut osat) tai
- *Varastosta* (uudet tai aikaisemmin korjatut osat korjausta odottamaan jääneiden sekä romutettujen tilalle) tai
- *Laitekorjauksesta* (osien kanssa samanlaisen korjausproseduurin läpikäyneet laitteet).

Kokoonpanossa tehdään ensin valmistelevat alakokoonpanot, joista testausten ja hyväksymisten jälkeen tehdään varsinainen kokoonpano.

Kokoonpanon jälkeen moottoreiden ja muiden laitteiden toimintakelpoisuus tarkastetaan koekäyttölaitoksissa tai koepenkeissä ja kokonaisten lentokoneiden lentokelpoisuus tarkastetaan maakoekäyttöillä ja koelennoilla.

Koko lentokaluston peruskorjaus tapahtuu samoilla periaatteilla.

Kaavion 3.2 ja sen selityksen perusteella havaitaan uusvalmistuksen loppukokoonpanon loppuvaiheen olevan mekaanisten laitteiden osalta hyvin samanlainen tai sama kuin peruskorjauksen loppuvaihe.

Taulukkoon 3.3 on koottu muutamia tietoja sekä arviot lentokoneen, moottorin ja laitteiden uuskokoonpanon samanlaisuusasteesta (x %) verrattuna peruskorjauksen (100 %) vastaaviin kohtiin.

TAULUKKO 3.3: KOKOONPANON SAMANLAISUUSASTE
(UUSKOKOONPANOTYÖN SAMANLAISUUS PROSENTTEINA PERUSKORJAUSTYÖSTÄ)

KOHTA	LENTOKONE	MOOTTORI	LAITTEET
PURKAUS JA TARKASTUS	10	20	20
OSIEN KORJAUS	10	5	5
VARASTOTOIMINNAT	80	70	70
KOKOONPANO JA TARKASTUS	90	80	80
TESTAUS	100	100	100

Taulukkojen ja selitysten perusteella voidaan tehdä seuraavat johtopäätökset töiden valintaan:

1. Loppukokoonpanon jälkeen tehtävä testaus, lentokoneella lentokelpoisuuden varmistava koelentäminen ja laitteilla toimintakelpoisuuden varmistava koekäyttö, ovat sekä peruskorjauksessa että muissa huolloissa ja korjauksissa aina tehtävä töitä.
2. Moottorilla ja laitteilla peruskorjauksen kokoonpano on likimain sama kuin uusvalmistuksen loppukokoonpano.
3. Lentokoneen peruskorjauksen kokoonpano on vain hieman suppeampi kuin uusvalmistuksen loppukokoonpano.
4. Osakorjausten ja laitekorjausten kokoonpanot vastaavat uskokokoonpanoa.
5. Peruskorjauksen ja uskokokoonpanojen varastotoiminnat vastaavat uusien osien osalta toisiaan.
6. Peruskorjauksessa ja vianetsinnässä tehtäviä osien ja laitteiden irrotuksia ja asennuksia joudutaan tekemään myös uskokokoonpanossa.

Näillä perusteilla valittavia Hornet-töitä edellisessä kohdassa valittujen lisäksi ovat:

1. Lentokoneen loppukokoonpano, jonka laajuus määräytyy tehtaan kapasiteetin ja koneen rakenteen sekä tarvittavien työvälineiden perusteella.
2. Moottorin täydellinen kokoonpano.
3. Laskutelineiden täydellinen kokoonpano. Laskutelineiden lisäksi voidaan kapasiteetin puitteissa valita myös muita laitteita.

Valituilla töillä saadaan edellä lueteltujen lisäksi myös seuraavia etuja:

- Kaluston kunto pystytään itse varmistamaan
- Ylläpitohuoltoa varten ei tarvita laajaa erillistä koulutusta
- Huoltokykky on omassa maassa alusta alkaen.
- Osa korjauskyvystä saadaan ilman erillistä koulutusta ja on käytettävissä alusta alkaen
- Laitteiden ja järjestelmien tuntemus saavutetaan nopeasti
- Ohjeiden tuntemus paranee
- Yhteistyö valmistajatehtaiden (MDA, GE) ja kokoonpanijoiden (Patria) välillä paranee pitemmän yhteistyöajan ja henkilökohtaisten suhteiden ansiosta.
- Kaluston käyttöaste paranee, koska pystytään itse tekemään ylläpitotyöt ja määrittämään niiden järjestys
- Kalustoa ei tarvitse pakata ja lähettää ulkomaille korjattavaksi
- Tarvittavien varalaitteiden määrä pienenee, koska laitekierto kotimaisen korjauksen ansiosta saadaan nopeammaksi.

3.4 Vauriokorjauksissa tarvittava osaaminen

Hornet on pääasiassa ohutlevyrakenteinen, mutta siinä on suuri joukko komposiittirakenteisia osia. Vauriokorjauksissa on siten osattava sekä ohutlevy- että komposiittirakenteiden suunnittelu, rakenne, materiaalin käsittely, tarkastus ja korjaus. Nämä taidot opitaan parhaiten valmistamalla sopivia osia ja komponentteja lentokoneisiin. Valmistuskohteeksi olisi valittava sellaisia osia ja alakokoonpanoja, joiden valmistuksessa mahdollisimman täydellisesti tulisivat esiin myöhemmin tarvittavat tiedot ja taidot. Lisäksi töiden pitäisi olla sellaisia, että suuri osa valmistuksessa tarvittavista tiloista, koneista ja laitteista olisi jo olemassa. Mikäli uusia resursseja tarvitsee hankkia, niille olisi nähtävä selvä käyttötarve myös valmistusprojektin jälkeen. Mikäli osia tai alakokoonpanoja voidaan valmistaa myös muualle kuin omaan kalustoon, paranee kannattavuus sarjakoon kasvaessa. Valmistustöiden kannattavuuden arviointi kaluston ylläpidossa saatavan hyödyn osalta on vaikeaa, koska tulevien korjaustöiden kohde, määrä ja laajuus eivät ole etukäteen tiedossa.

Omassa maassa olevan korjauskyvyn etuja ovat:

- Lyhyt odotusaika korjauksen arviointiin ja korjaukseen
- Kalusto saadaan korjaamolle yleensä ilman kalliita pitkän kuljetusmatkan vaatimia pakkauksia ja kuljetuksia ulkomaille
- Kalusto voidaan palauttaa käyttäjälle ilman pitkiä paluulentoja
- Korjaukset ja korjaamon muut työt voidaan ajoittaa oman tarpeen mukaan
- Kaluston täydellisempää omaa hallintaa
- Korjauskyky on käytettävissä myös kriisiaikoina
- Osataan paremmin arvioida, neuvotella ja valvoa myös muualla teetettäviä töitä

Näiden periaatteiden mukaisesti Hornet-vastakaupoissa työkohteiksi valittiin:

- Ohutlevyrakenteisten eturungon puolikkaiden valmistus.
- Komposiittirakenteisten selkäluukkujen ja laippojen valmistus.

Työt ovat piensarjatöitä, mutta opettavat yksittäistyönä tehtävissä korjauksissa tarvittavat tiedot ja taidot. Kaikkia valittuja osia valmistettiin myös MDA:n muualle myymään kalustoon, joten osa työstä oli epäsuoria vastakauppoja. Sarjakokojen kasvu paransi luonnollisesti hieman kannattavuutta.

4. TÖIDEN LAAJUUS

Tässä luvussa kuvataan, miten suorien vastakauppatöiden laajuus voidaan määritellä vastaamaan käytettävissä olevaa kapasiteettia.

4.1 Yrityksen resurssit

Yrityksen resurssit jaetaan yleensä teknisiin-, inhimillisiin- ja tietoresursseihin. (L-, E- ja I-resurssit)

Teknisiin (eli fyysisiin) resursseihin kuuluvat yrityksen fyysinen teknologia, yrityksen laitokset ja koneet, maantieteellinen asema ja pääsy raaka-aineisiin. Barney jakaa artikkelissaan inhimilliset resurssit vielä kahteen osaan, inhimillisen ja organisaationaalisen pääoman resursseihin.[Barney] Tässä jaottelussa inhimillisiin resursseihin kuuluvat johtajien ja työntekijöiden koulutus, kokemus, arviointi, äly, suhteet ja näkemykset. Organisaationaalisiin resursseihin kuuluvat yrityksen raportointirakenne, muodollinen ja epämuodollinen suunnittelu, valvonta ja koordinoitijärjestelmät, epämuodolliset suhteet ryhmien kesken sekä yrityksen sisällä että yrityksen ja ympäristön ryhmien kesken. [Järvinen s. 8]

Yrityksen tietoresursseihin voidaan lukea yrityksen dokumentoidut ja muistinvaraiset (hiljainen tieto) tiedot sekä tietojen keräys-, käsittely- ja varastointijärjestelmät.

4.2 Resurssien kasvattaminen ja vähentäminen

Fyysisten resurssien kasvattaminen voidaan tehdä investoimalla, jolloin tarvitaan pääomaa ja osaavaa henkilöstöä investointien suunnitteluun ja toteutukseen. Fyysiset resurssit ovat joko kiinteitä, kuten rakennukset ja paikalla rakennettu teknologia tai siirrettäviä, kuten koneet ja laitteet. Kiinteiden fyysisten resurssien rakentaminen kestää 4-18 kuukauteen ja sen toteuttaa yleensä ulkopuolinen alihankkija. Niistä luopuminen tapahtuu yleensä myymällä ja saatava hinta riippuu olennaisesti sijoituspaikasta ja niiden sopivuudesta muuhun käyttöön. Toisen ryhmän muodostavat siirrettävät fyysiset resurssit, kuten koneet ja laitteet. Näiden lisääminen tapahtuu yleensä ostamalla (investointi). Edellytyksenä tässäkin ovat investointivarat ja osaava henkilöstö investoinnin suunnitteluun ja toteutukseen. Pienentäminen tapahtuu myymällä. Myyntihinta riippuu koneen kunnosta ja iästä sekä teknologian ajantasaisuudesta, mutta myydessä harvoin voittaa. Inhimillisiä resursseja voidaan kasvattaa myös kahdella tavalla, rekrytoimalla uutta koulutettua ja kokenutta henkilökuntaa tai kouluttamalla jo olemassa olevaa henkilöstöä. Rekrytoinnin edellytyksenä on, että tarvittavat ominaisuudet omaavaa henkilöstöä on yleensä olemassa ja että työ ja paikka ovat jollakin tavalla kiinnostavia. Rekrytointi pysytään tekemään noin 2-3 kuukaudessa.

Kouluttamalla ja harjoittamalla omaa henkilökuntaa saadaan osaamistasoa nostettua. Edellytyksinä tähän ovat investointiin tarvittavat varat ja osaava henkilöstö kouluttajiksi sekä sopiva henkilöstö koulutettaviksi. Tarvittava aika riippuu tason noston määrästä, se on päivistä vuosiin. Kokemusta voidaan lisätä vain kyseistä työtä tekemällä, joten alasta ja vaatimuksista riippuen aika on kuukausista vuosiin. Tarvittavat edellytykset ovat tässäkin investointivarat, kokenut henkilöstö opastamaan ja sopivaa työtä harjaantumiseen. Nykyisin hyvinkin koulutetusta ja kokeneesta henkilöstöstä luopuminen, eli inhimillisten resurssien vähentäminen voi tapahtua 2-3 kuukaudessa melko pienin kustannuksin.

Organisationaalisten resurssien kehittäminen on kaikkein hitainta, koska se tapahtuu vain toimivaa organisaatiota kehittämällä. Kehitystä voi jonkin verran nopeuttaa siirtämällä ja arvostamalla hyviä tapoja ja menetelmiä organisaatioon eli kehittämällä organisaatiokulttuuria. Sekin vaatii osaavaa henkilöstöä, tavoitteellista johtoa ja aikaa useita vuosia. Organisaatio ja organisaatiokulttuuri rappeutuvat muutamassa vuodessa, ellei niistä jatkuvasti huolehdi.

Tietoresurssien kehittäminen tapahtuu hankkimalla uutta tietoa yrityksen ulkopuolelta tai kehittämällä tietoa itse. Molemmat tavat vaativat aina henkilöresursseja tehtävien toteuttamiseen. On muistettava, että tiedolla on aina hinta. Kuta syvemmälle menevää tietoa tarvitaan, sitä kalliimpaa tieto on. Tämän takia yrityksen on harkittava, mitä tietoa se todella tarvitsee.

Taulukkoon 4.1 on koottu arvioita erityisesti lentokoneiteollisuuden resurssien ominaisuuksista.

TAULUKKO 4.1: RESURSSIEN OMINAISUUKSIA

	<i>FYYSISET RESURSSIT</i>	<i>HENKISET RESURSSIT</i>	<i>ORGANISATIO-NAALISET RESURSSIT</i>	<i>TIETORESURSSIT</i>
<i>SISÄLTÖ</i>	<i>YRITYKSEN FYYSI- NEN TEKNOLOGIA, LAITOKSET JA KONEET, MAAN- TIETEELLI-NEN ASEMA SEKÄ PÄÄ- SY RAAKA- AINEISIIN.</i>	<i>YKSITTÄISTEN JOHTAJIEN JA TYÖNTEKIJÖIDEN KOULUTUS, KOKE- MUS, ARVIOINTI, ÄLY, SUHTEET JA NÄKEMYKSET.</i>	<i>YRITYKSEN RA- PORTOINTIRA- KENNE, MUODOL- LISEN JA EPÄ- MUODOLLISEN SUUNNITTELUN, VALVONNAN JA KOORDINOINNIN JÄRJESTELMÄT, EPÄMUODOLLISET SUHTEET.</i>	<i>YRITYKSEN DO- KUMENTOITU (1) TAI MUISTINVA- RAINEN (2) TIETO- AINEISTO SEKÄ TIEDON KÄSITTE- LY- JA VARAS- TOINTIJÄRJES- TELMÄT</i>
<i>KESTO- AIKA</i>	<i>1. KIINTEÄT 40-80 V 2. SHIRRETTÄVÄT 5-30 V</i>	<i>5-30 VUOTTA</i>	<i>1-10 VUOTTA</i>	<i>1. DOKUMENTOITU 1-30 V 2. MUISTINVARAI- NEN 1-5 V</i>
<i>KASVAT- TAMIS- TAPA</i>	<i>INVESTOIMALLA</i>	<i>1. REKRYTOI- MALLA 2. KOULUTTA- MALLA</i>	<i>KOULUTTAMALLA JA KASVATTAMAL- LA</i>	<i>1. REKRYTOIMAL- LA OSAAVAA HENKILÖSTÖÄ 2. OSTAMALLA TIEtoa 3. TUTKIMALLA</i>
<i>KASVAT- TAMISEN EDELLY- TYKSET</i>	<i>1. INVESTOINTI- VARAT 2. OSAAVA HEN- KILÖSTÖ</i>	<i>1. KIINNOSTAVA YRITYS, ALA JA PAIKKA 2. OSAAVA HENKILÖS-TÖ</i>	<i>1. OSAAVA HENKILÖSTÖ 2. OHJEISTUS JA VALVONTA 3. HENKI</i>	<i>1. OSAAVA HENKILÖSTÖ 2. INVESTOINTI- VARAT 3. PERUSTIEDOT</i>
<i>KASVAT- TAMIS- AIKA</i>	<i>1. 6-18 KK 2. 1-6 KK</i>	<i>1. 2-4 KK 2. 1-5 V</i>	<i>2-8 V</i>	<i>1. 1-12 KK (HENK) 2. 1-12 KK (OSTO) 3. 1-10 V (TUTK)</i>
<i>SUPISTUS- TAPA</i>	<i>MYYMÄLLÄ</i>	<i>EROTTAMALLA</i>	<i>JÄTTÄMÄLLÄ HOI- TAMINEN</i>	<i>JÄTTÄMÄLLÄ HOI- TAMINEN</i>
<i>SUPISTA- MISEN EDELLY- TYKSET</i>	<i>YLLÄPITO KAL- LIIMPAA KUIN KOKONAISHYÖTY. EI SUUNNITELTUA JATKOKÄYTTÖÄ. OSTAJAN KIINNOS- TUS.</i>	<i>LAKISÄÄTEISET EHDOT. TOIMINNAN SU- PISTAMINEN TAI LOPETTAMINEN. EI SUUNNITELTUA JATKOKÄYTTÖÄ</i>	<i>LAKISÄÄTEISET EHDOT. TOIMINNAN SU- PISTAMINEN TAI LOPETTAMINEN. EI SUUNNITELTUA JATKOKÄYTTÖÄ</i>	<i>EI SUUNNITELTUA JATKOKÄYTTÖÄ</i>
<i>SUPISTA- MISAIKA</i>	<i>1-6 KK</i>	<i>2-12 KK</i>	<i>3-6 KK</i>	<i>3-6 KK</i>

Taulukko ei kaikilta osiltaan perustu tutkimuksiin, vaan sitä on täydennetty kirjoittajan omien työkokemusten perusteella. Taulukko on kokonaisuutena vain suuntaa antava.

Kuitenkin taulukosta selvästi ilmenee, että resurssien kasvattaminen vaatii aina aikaa, rahaa ja osaavan henkilöstön. Resursseista voidaan yleensä luopua nopeasti, mutta niistä saatava korvaus (hinta) on yleensä vain murto-osa hankintahinnasta.

4.3 Kapasiteetti

Kapasiteetilla tarkoitetaan tässä sitä työ- tai tuotemäärää, jonka yritys pystyy tuottamaan aikayksikössä. Kapasiteetti riippuu yrityksen resursseista ja niiden käytön tehokkuudesta. Yrityksen toimialasta riippuu, millaiset keskinäiset vahvuussuhteet eri resursseilla pitää olla. Kapasiteetin muuttaminen tapahtuu resursseja lisäämällä tai vähentämällä.

Ilmailuteollisuus vaatii hyvin runsaat fyysiset resurssit, koska monien töiden tekemisen edellytyksenä ovat erikoislaitteet. Kone tai laite on hankittava, vaikka työtä ei olekaan sen täysiaikaiseen kuormittamiseen. Fyysistä laitekapasiteettia on tästä syystä monilla alueilla liikaa. Näitä täystyöllistämättömiä resurssihankintoja perustellaan töiden tärkeydellä ja varautumisella kriisiaikoihin sekä mahdollisuuksilla muihin lisätöihin.

Ilmailuteollisuus on myös hyvin työvoimavaltainen teollisuuden ala, jossa hyvin koulutettu henkilöstö määrää yleensä kapasiteetin. Tämän takia osaavan henkilöstön työllistämiseen ja talossa pitämiseen on kiinnitettävä keskeisin huomio.

Henkilöstön määrää ei voi vaihdella nopeiden työkuorman vaihteluiden mukaan, vaan työkuormaa on pystyttävä vaihtelevaan henkilöstön mukaan. Lyhytaikaista alikuormitusta voidaan tasata koulutuksella ja tekemällä resurssien ylläpitotöitä. Ylikuormaa voidaan tasata siirtämällä töitä asiakkaan kanssa neuvoteltujen aikataulujen puitteissa myöhemmäksi tai teettämällä töitä alihankintana. Henkilöresurssien kasvattaminen on niin kallista ja hidasta, ettei muutosta lyhytaikaista tilannetta varten kannata tai voida tehdä. Henkilöresursseja ei myöskään ole syytä lisätä, ellei kapasiteetin jatkokäytöstä ole täyttä varmuutta. Henkilöresurssien pienentäminen on taloudellisesti halvempaa, mutta sekään ei ole ilmaista.

Organisationaaliset resurssit ovat ilmailussa perinteisesti kohtuullisen hyvät. Ne muodostuvat ja säilyvät tarkkojen viranomaisvaatimusten, alan omien vaatimusten, henkilöstön ja hyvän dokumentoinnin ansiosta.

4.4 Kuormitus konetyyppien vaihdon aikana

Konetyyppien vaihtuessa pyritään lentotuntitaso pitämään likimain vakiona, tehtävämäärähän ei muutu konetyyppien mukaan. Vaikka lentäminen pysyy lähes vakiona, vaihtelee kaluston tehdashuoltomäärä merkittävästi.

Kun konetyyppi otetaan käyttöön, aloitetaan lentäminen periaatteessa uusilla koneilla. Koska koneiden huoltojen suuruus on riippuvainen kalenteri- tai lentoajasta, alussa on vain pieniä huoltoja, jotka kuormittavat huoltojärjestelmää pääasiassa vain lennostoissa. Ajan kuluessa ja lentotuntien määrän kasvaessa myös huoltojen koko kasvaa ja suuret huollot alkavat kuormittaa myös keskuskorjaamoita. Tilanne tasoittuu 5-10 vuodessa ja pysyy sen jälkeen melko vakiona 15–25 vuotta, ellei suuria modifiointityön aiheuttamia kuormituspiikkejä tule. Koko käyttöajan ajan tulee satunnaisesti erilaisten vauriokorjausten aiheuttamia kuormituspiikkejä.

Kun koneen käyttöikä lähenee loppuaan, lopetetaan suunnitellusti ensin suurten korjausten ja peruskorjausten tekeminen ja vähitellen myös pienemmät huollot.

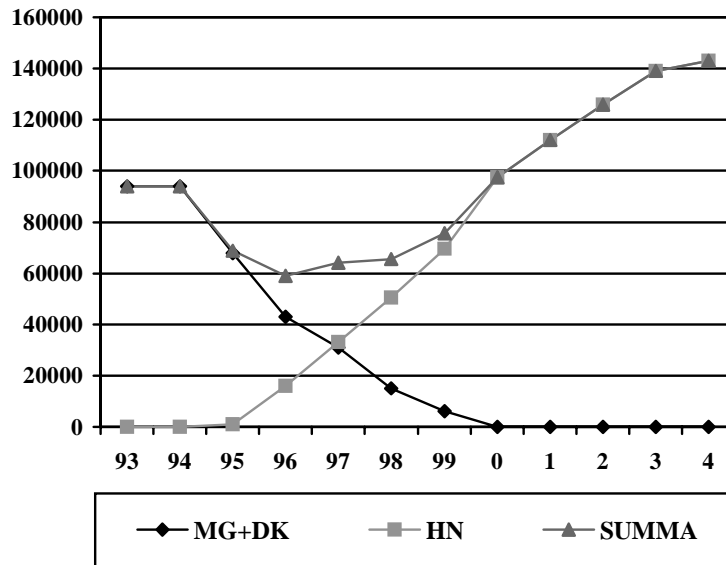
Aloitettaessa kaluston käyttö on huoltokuorman kasvu muutaman vuoden jäljessä ja lopetettaessa lasku muutaman vuoden edellä lentämistasoa.

Sama ilmiö tapahtuu myös laite- ja moottorihuollossa, joskin kuorman pieneneminen ja kasvaminen tapahtuvat yleensä nopeammin lyhyempien huoltojaksojen ja suuremman laitemäärän takia. Myös töiden vaativuus käyttäytyy samoin, alussa ja lopussa vaativuus on pienempi kuin lentämisen vakioaikoina keskivälillä. Esimerkiksi vaativa osien vaurioiden ja kulumisten korjaus kannattaa aloittaa vasta 10–15 vuotta käyttöönoton jälkeen, jolloin korjattavaa on riittävästi.

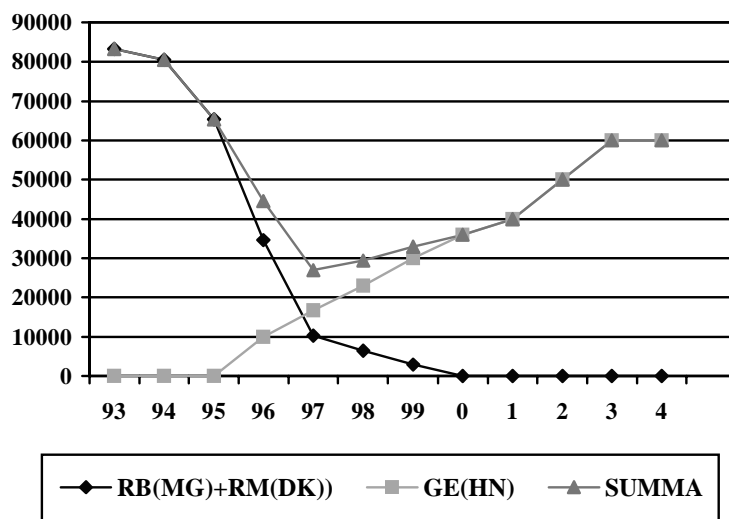
Kaaviossa 4.2 on kuvattu Ilmavoimien hävittäjäkaluston, poistuvien MiG-21 bis:n (MG) ja Drakenin (DK), sekä niiden sijalle tulevan F/A-18 Hornetin (HN), aiheuttama huoltokuormitus Patrian Lentokonehuollolle. [AVI 8]

Kaaviossa 4.3 on kuvattu saman kaluston moottoreiden, MiG:n RB:n, Drakenin RM:n ja Hornetin GE:n, aiheuttama huoltokuorma Patrian Moottorihuollolle. [AVI 9]

KAAVIO 4.2: POISTUVAN (MG + DK) JA TULEVAN (HN) KALUSTON HUOLTO KUORMA KESKUSKORJAAMON LENTOKONEHUOLLOSSA



KAAVIO 4.3: POISTUVAN (MG + DK) JA TULEVAN (HN) KALUSTON MOOTTOREIDEN HUOLTOKUORMA KESKUSKORJAAMON MOOTTORIHUOLLOSSA



Mikäli vanhan konetyypin ylläpitokuorman vähetessä osaava henkilöstö lomautetaan tai irtisanotaan, se varsin nopeasti hyvin ammattitaitoisena löytää uuden työpaikan, eikä yleensä palaa vanhaan työhön.

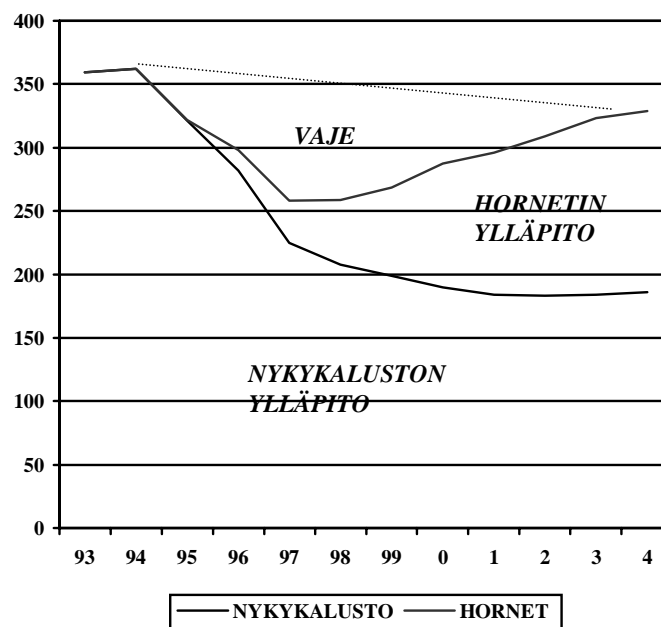
Kun uutta kapasiteettia 3-5 vuoden kuluttua tarvitaan, olisi uuden henkilöstön rekrytointi aloitettava lähes välittömästi, jotta ehdittäisiin tehdä ajoissa 2-4 vuotta kestävä koulutus ja harjoitusjakso.

4.5 Vastakauppatoiden määrä

Vastakauppatoiden määrä on sovitettava käytettävissä olevaan kapasiteettiin. Aluksi on määriteltävä käytettävissä oleva kapasiteetti ja sen kuormitus vastakauppatoiden aikana. Tarkastelu on tehtävä samaa osaamista edustavan kapasiteetin sisällä, käytännössä tulosyksiköittäin. (Patriassa lentokone-, moottori- ja valmistusosastot edustavat kukin omaa kapasiteettityyppiään.)

Mikäli kapasiteettitarve vastakauppatoiden jälkeen eroaa nykyisestä, pitää vastakauppatoiden määrä ja ajoitus sovittaa niin, että tarvittava kapasiteetin muutos voidaan tehdä hallitusti ja loppukapasiteetti vastaa tulevaa tarvetta.

Esimerkki suorilla vastakaupoilla tavoiteltavan työn määrittelemistavasta on esitetty kaaviossa 5.3. Kaavion perustana on lentokonehuollon vuonna 1994 tehty kuormitusennuste. [AVI 9]. Kaavioon on piirretty katkoviivalla helposti hallittavissa oleva kuorman muutos. Katkoviivan ja ennustetun kuorman väli ”vaje” kuvaa ajallisesti ja määrällisesti sitä kuormaa, jota keskuskorjaamolle tavoitellaan vastakauppatoilla vuosina 1994–2004.

KAAVIO 5.3: LENTOKONEHUOLLON KUORMITUSENNUSTE 1993 – 2004

Patrian Lentokonehuollon vastakauppojen tavoitemäärä tuhansina miestyötunteina on kaaviosta 4.3 arvioituna:

VUOSI	95	96	97	98	99	00	01	02	YHT.
LENTOKONEHUOLTO	40	60	100	95	80	60	50	20	505

Taulukon perusteella vastakaupoilla tavoiteltava työmäärä olisi noin 0.5 Mmth ja ajoitus taulukon mukainen. Tämä esimerkki on vain periaatteellinen, koska siinä ei ole huomioitu lentokonehuollolle suunniteltuja. muita tehtäviä.

5. TYÖKUSTANNUKSET

Tässä luvussa kuvataan, miten voidaan määritellä suorien vastakauppatöiden aloitustaso, työssä tarvittavat työtunnit ja työn hinta uudessa organisaatiossa. Tarkastelussa määritellään työtuloksen osatekijät ja tarkastellaan niiden vaikutusta vastakauppaan. Mallina käytetään Hornetin loppukokoonpanoa ja lentokelpoisuuden varmistavaa koelentämistä.

5.1 Työtuloksen osatekijät.

Tässä tarkastelussa on pyritty selvittämään työtuloksen muodostuminen pienistä osatekijöistä (työvaiheista), jotta tarkastelu olisi selkeämpää ja helpompaa. Käsityönä tehtävissä töissä työtulos koostuu yleensä useista, monen eri alan ammattitaitoa vaativista osatehtävistä. Esimerkkityönä olevassa lentokoneen loppukokoonpanossa työtuloksen muodostavia osatehtäviä ovat lentokoneen rungon osien liittäminen toisiinsa, laitteiden asennus runkoon, järjestelmien testaus, maalaukset ja koneen koelentäminen. Osatehtävät koostuvat edelleen työvaiheista, jotka käsityössä muodostuvat kolmesta osatekijästä:

1. Menetelmä.

Menetelmällä tarkoitetaan työssä käytettäviä työvälineitä, laitteita ja ohjeita sekä niiden määräämää työtapaa eli työmenetelmää.

Sen vaikutusta mitataan menetelmän tehokkuudella, jonka perusarvoksi on tässä otettu tehokkuus, joka saavutetaan tehtäessä työ yksittäistyytonä käsityövälineillä.

Kaavion 5.1 merkintöjen mukaan menetelmän tehokkuuden perustaso

$M_P = 1$. Koska menetelmän tehokkuuden mittausta ei ole määritelty, on arvo vain suhteellinen. Menetelmää kehitettäessä sen tehokkuus ja sitä kuvaava kerroin M *kasvavat*.

2. Osaaminen

Osaamisella tarkoitetaan työn tekemiseen valitulla työmenetelmällä tarvittavaa ja työssä saavutettavaa tietotaitoa. Sen vaikutusta mitataan työn joutuisuudella, jonka perusarvoksi on tässä otettu alan ammattimiehen aloitustaso uudessa työssä.

Osaamisen perustaso $O_P = 1$. Tämäkin arvo on suhteellinen.

Työtä tehdessä harjaannutaan, osaaminen paranee ja osaamista kuvaava kerroin O *kasvaa*.

3. Aika.

Ajalla tarkoitetaan tässä työvaiheen tekemiseen tarvittavaa aikaa, kun käytetään kohdassa 1 määriteltyä menetelmää ja kohdassa 2 määriteltyä osaamista.

Ajan perustasoksi (A_P) on tässä otettu työvaiheen (T) tekemiseen tarvittava työaika, kun käytetään menetelmän (M_P) ja osaamisen (O_P) perustasoja.

Tämän mukaan:

$$A_P = T / (M_P * O_P)$$

Työvaiheen suuruutta kuvaa kaavioon 5.1 muodostuvan laatikon tilavuus T. Työvaiheen suuruus, eli tehdyn työn tulos, pysyy samana, vaikka työvaiheen osatekijät muuttuvatkin.

Osaamisen kehittyminen eli harjaantuminen ja työmenetelmän parantaminen pienentävät työvaiheen tekemiseen tarvittavaa aikaa.

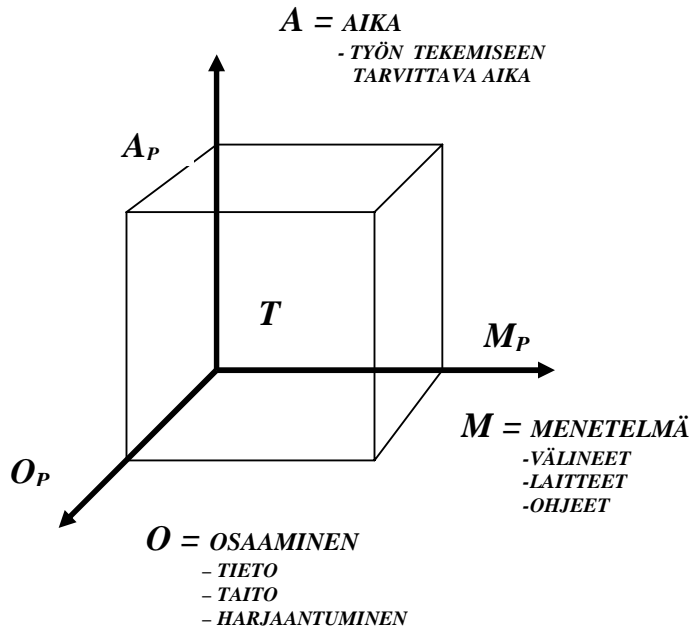
Mikäli työntekijöiden perusammattitaito on alhainen, heidät kannattaa kouluttaa vain yhden tai enintään muutaman yksinkertaisen työvaiheen tekemiseen.

Tällöin koko työn tekemiseen tarvitaan suuri joukko tekijöitä, joiden ohjaamiseen ja valvontaan tarvitaan myös suuri joukko työnjohtoa.

Tämä järjestelmä sopii suurten sarjojen nopeaan tekemiseen.

Mikäli työntekijöiden perusammattitaito on korkea, heidät kannattaa kouluttaa monien eri työvaiheiden tekemiseen. Tällöin koko työn tekemiseen tarvitaan vain pieni joukko tekijöitä ja työnjohtoa. Tämä järjestelmä sopii parhaiten pienten sarjojen tekemiseen.

KAAVIO 5.1: TYÖVAIHEEN OSATEKIJÄT



T = TYÖVAIHE (LAATIKON TILAVUUS KUVAA TYÖN TULOSTA)

M_P = MENETELMÄN PERUSTASO, TEHOKKUUS = 1

O_P = OSAAMISEN PERUSTASO, JOUTUISUUS = 1

A_P = TYÖAJAN PERUSTASO

$$T = O_P * M_P * A_P$$

5.2 Työvaihejärjestelmä MDA:lla

Hornetin suunnittelija ja valmistaja McDonnell Aircraft Corporation, MDA on jo 1920 perustettu tunnettu amerikkalainen lentokonetehdas, joka on suunnitellut ja rakentanut historiansa aikana monia eri lentokonetyyppejä. Yhtä viimeisimmistä tyypeistään, F-18 Hornetia, MDA oli rakentanut ja toimittanut vuoden 1994 loppuun mennessä jo 1304 kpl. [IlmavE s.8]

MDA:lla käytetään kokoonpanossa lyhyitä työjaksoja, koska henkilöstön kapean perusosaamisen takia henkilöstöä ei kannata kouluttaa kovin laajojen tai useiden työvaiheiden tekemiseen. Lentokoneteollisuuden mittapuun mukaan suurten sarjakokojen ja lyhyehköjen toimitusaikojen takia on valmistus jaettava useille valmistuslinjoille. Pienten työalueiden ansiosta yksittäisten henkilöiden vaihtuminen ei vaikuta merkittävästi koko työjaksossa tarvittaviin tuntimääriin.

Työkokonaisuuksien osaaminen on keskitetty pääasiassa työnsuunnitteluun ja työnjohtoon, koska työntekijöiden osaamisalue on kapea.

5.3 Työvaihejärjestelmä Patrialla

Hornetin suomalainen kokoonpanijan, Patria Finavitecin (vuoteen 1996 asti Valmet Oy Lentokoneteollisuus), historia alkaa jo 1918, jolloin ensimmäisten Suomeen tulleiden lentokoneiden ylläpito aloitettiin Turussa. Lentokonetehdas oli vuosikymmenten saatossa toiminut organisatorisesti sekä ilmavoimien että pääasiassa valtion teollisuuslaitosten osana.[Lentokoneteollisuuden historia]

Vuoteen 1992 mennessä tehdas oli suunnitellut ja rakentanut 18 omaa lentokonetyyppiä, viimeisimpänä 1980-luvulla jatkokoulutuskone TP-90 Redigo. Muualla suunniteltuja lentokonetyyppejä tehtaalla oli rakennettu lähes 600 kappaletta, viimeisimpänä 46 kappaleen sarja englantilaisia BAe Hawk-harjoituskoneita 1980–1985. [Lentokoneteollisuuden historia s. 98] Patria Finavitecin huolto-organisaatiossa oli 1990-luvun alussa yhteensä noin 550 henkilöä lentokone ja 150 henkilöä moottoriorganisaatiossa.

Patrialla koneiden kokoonpanosarjat ovat olleet ilmailuteollisuudenkin mittapuun mukaan hyvin pieniä, 12–120 kpl ja peruskorjaukset on tehty lähes aina yksittäistöinä. Sarjojen kesto aika on ollut useita vuosia, koska työ on tehty pienellä henkilömäärällä.

Kokoonpannut ja korjatut koneet ovat olleet monessa eri maassa valmistettuja, joten henkilöstön tietotaito erilaisista rakenne- ja korjaustavoista on kehittynyt laajaksi ja ammattitaito korkeaksi.

MDA:an verrattuna Patrian yksittäisten henkilöiden kokoonpanon kokemus ja osaaminen ovat huomattavasti monipuolisemmat.

Henkilöstön korkean perusammattitaidon ansiosta voitiin Hornetin kokoonpanossakin kouluttaa henkilöstö useiden eri työvaiheiden tekemiseen ja laajojen kokonaisuuksien hallintaan. Työn suorittajia ei tämän takia ole kovin paljon, joten yhdenkin henkilön vaihtuminen näkyy helposti työtunneissa. Varsinaisen työn tekemisen osaaminen on keskittynyt pääasiassa työn suorittajille, joskin työnjohto ja työnsuunnittelu hallitsevat kokonaisuuden lisäksi myös työn tekemisen.

5.4 Työmenetelmän valinta

Työn esisuunnittelussa on työn laadun, henkilöstön osaamisen ja sarjakoon perusteella määriteltävä käytettävä työmenetelmä.

Matalan tehokkuuden menetelmä on halpa rakentaa, mutta se on kallis käytössä, joten se sopii vain pienille sarjoille. Tämä menetelmä edellyttää henkilöstöltä korkeaa osaamista.

Korkean tehokkuuden menetelmä on hinnaltaan moninkertainen, mutta antaa käytössä vastaavasti suuret säästöt, joten se sopii vain suuriin sarjoihin, joissa säästöt riittävät investointien maksum. Menetelmä ei vaadi henkilöstöltä kovin korkeaa osaamista.

5.5 Työajan kehittyminen

Tutkittaessa harjaantumisen vaikutusta saman työtehtävän toistamisen työaikaan, on todettu työhön käytetyn työajan jatkuvasti pienenevän työkertojen lisääntyessä. Henkilön tai ryhmän tehdessä jatkuvasti samaa työtä, voidaan työhön käytetty aika laskea kaavalla [Chase and Aquilano: Chapter nine]:

$$Y_x = Kx^n$$

- Y_x = Työhön x:llä kerralla tarvittava aika
 K = Työhön ensimmäisellä kerralla käytetty aika
 x = Toistokerta
 n = $\log b / \log 2$
 b = Kullekin työlle ominainen vakio, oppimisprosentti

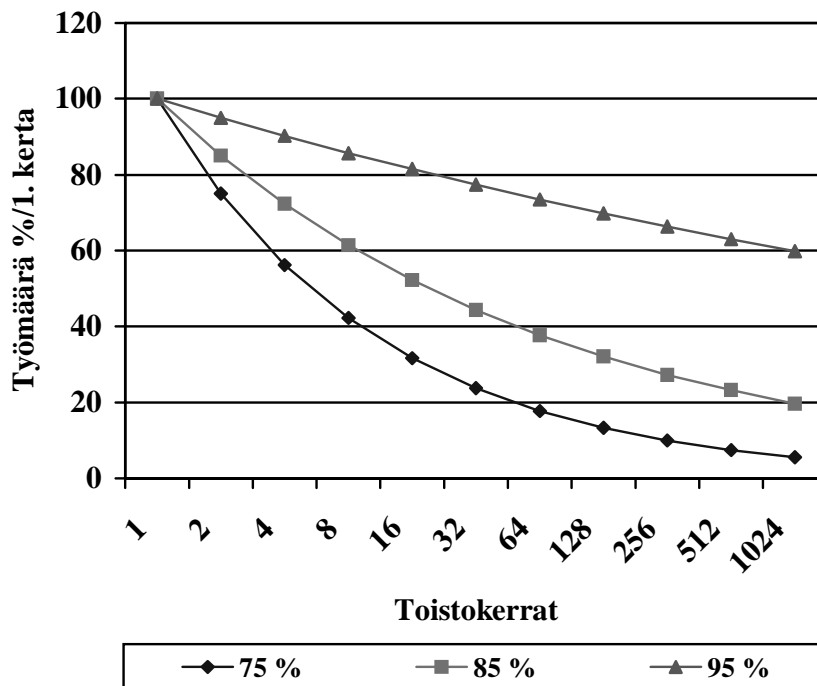
Kaava voidaan ilmaista myös muodossa: Kun sarjatyössä työn toistokertojen määrä kaksinkertaistuu (x:stä 2x:ään), viimeisen kappaleen (2x) tekemiseen tarvittava työaika on vakioprosentti (b) aloituskappaleen (x) työajasta.

Työhön tarvittavan ajan kuvaajaa nimitetään oppimiskäyräksi. 85 % - oppimiskäyrällä kuvataan oppimista, jossa työstä johtuva vakio b on 0.85.

(Oppimiskäyrän nimitys on hieman horjuva. Esimerkiksi tässä kuvattua 85 % oppimiskäyrää nimitetään joskus 15 % oppimiskäyräksi, joka onkin ehkä kuvaavampi nimitys.)

Kaaviossa 5.2 esimerkkinä 75 %:n, 85 %:n ja 95 %:n oppimiskäyrien kuvaajat. Kuvaajat osoittavat oppimisprosentin suuren vaikutuksen työajan kehittämisessä. Paikka oppimiskäyrällä kuvaa saavutettua osaamisen tasoa kyseisessä työssä.

KAAVIO 5.2: OPPIMISKÄYRIEN KUVAAJAT



Oppimiskäyrä pitää teoreettisesti paikkansa vain, jos työn suorittaja on jatkuvasti sama, työtä toistetaan jatkuvasti ilman pitkiä taukoja ja menetelmätaso on sama.

Mikäli toistossa on taukoja, työn rutiini unohtuu ja käyrällä hypätään ylös- ja taaksepäin. Samoin käy, jos tekijä tai osa tekijäryhmästä vaihtuu. Hypyn suuruuteen vaikuttaa, kuinka hyvin organisaatio on työn oppinut ja dokumentoinut.

5.6 Kokoonpanosarjan työtuntien arviointi.

MDA oli rakentanut Horneteja sarjatyönä jo vuosikymmenen, joten vuoteen 1992 mennessä tuotantomenetelmiä oli pitkän valmistusjakson aikana kehitetty runsaasti ja koneeseen ja sen järjestelmiin oli tullut monia erilaisia muutoksia. Vuonna 1992 käytetyt työsisältö ja valmistusmenetelmä poikkesivat siten huomattavasti aloitustasosta. Tämän takia ei nykyisen työn aloituspistettä tai sarjan työtunteja saada tilastoista, vaan ne joudutaan arvioimaan oppimiskäyrältä.

MDA ilmoitti oman valmistussarjansa 1000. koneen vastaavan spesifikaatioltaan likimain Suomeen suunniteltuja koneita, mutta Patrialle koneiden kokoonpanoon suunnitellut työ- ja menetelmätasot poikkeavat huomattavasti MDA:n tasoista.

MDA:lla oli käytetty 1000. koneen kokoonpanossa Patrialle suunnitellun kokoonpanosuuden tekemiseen 5938 miestyötuntia. MDA:n ensimmäisen sarjakappaleen kokoonpanoon tarvittava tuntimäärä voidaan arvioida laskemalla taaksepäin 1000. kappaleen kohdalta alkupisteeseen kokoonpanotyössä käytettävällä 84 %:n oppimiskäyrällä, jolla 1000. työkerran työmäärä on 17.595 % aloitustasosta.

1. koneen työtuntimäärä (oppimiskäyrän aloituspiste) on teoreettisesti:

$$(100/17.595) * 5938 \text{ mth} = 33748 \text{ mth}$$

5.7 Osaamisen siirto

MDA:n osaamista voidaan koulutuksella, harjoittelulla ja teknisellä tuella siirtää alihankkijoille. Alihankkijalle saatu osaaminen määrää työn aloituspisteen oppimiskäyrällä sekä osittain myös oppimiskäyrän alkuosan.

Pienellä koulutuksella ja harjoittelulla osaamista siirretään vähän ja valmistuksen aloituspiste sekä koko oppimiskäyrä ovat toivottuja arvoja ylempänä. Laajalla koulutuksella ja harjoittelulla osaamista siirretään paljon ja valmistuksen aloituspiste siirtyy alaspäin tai oppimiskäyrällä eteenpäin.

MDA:lla on aikaisempien teknologian siirron kokemusten perusteella kehitetty ”Qualified second source” (Qss) menetelmä, jolla arvioidaan uuden toimittajan kyky tehdä alihankintatöitä. Qss-oppimiskäyrä on määritetty jatkuvasti toimittavalle alihankkijalle. Patrialla työt tehdään pienen valmistusmäärän (57 konetta), hitaahkon vauhdin (6-17 konetta/vuosi) ja pitkähkön valmistusajan (6 vuotta 1995–2000) takia pitkinä jaksoina pienellä henkilömäärällä. Työn ohjauksen kannalta pääasiallinen ero on työntekijöiden työosuuden laajuudessa, joka on Patrialla huomattavasti suurempi kuin MDA:lla. Tämän takia työn suorittajien vaihtuminen vaikuttaa Patrialla enemmän oppimiskäyrällä pysymiseen. Henkilöiden vaihtuminen ja töihin tulevat tauot aiheuttavat helposti oppimiskäyrällä hyppyjä ylös- ja taaksepäin.

Pääasiassa hitaan tuotannon takia MDA ehdotti Patrialle normaalia Qss- kokemuskäyrää lisättynä 14 %:lla.

Tutkittaessa tarkemmin Patrian osaamis- ja kokemustasoa verrattuna MDA:n Qss-käyrän keskiarvotoimittajaan selvitettiin mm:

- Patrian henkilöstön osaamisen taso (koulutuksen aloitustaso).
- Tiedon sijainti ja muoto MDA:n organisaatiossa.
- Patrian organisaatiotaso, jolle tieto halutaan siirtää.
- Patrialle siirrettävän tiedon muoto.
- MDA:n ohjeistojen selvyys ja ajantasaisuus.
- Kielitaitoisen henkilöstön määrä Patrialla.
- Ohjeistojen käännöstarve kieleltä toiselle, kulttuurista toiselle ja teknologiaympäristöstä toiselle.
- MDA:n englanninkielisten ohjeistojen käyttö.
- Organisaatioiden yleisosaamisen tasoerot.
- Suunniteltujen menetelmätasojen erot.
- Tarvittavan koulutuksen määrä, laatu ja teho.
- Teknisen tuen määrä, laatu ja teho.

Selvityksen perusteella MDA katsoi Patrian osaamisen, kokemuksen ja tietotaidon vastaanottokyvyt niin hyväksi, ettei aikaisemmin suunniteltua 14 %:n lisää Qss-käyrään tarvita. [Muuriaisniemi]

Tavoitteeksi asetettiin sellainen teknologian siirron määrä, että varsin kalliin teknologian siirron kustannukset ja toisaalta kaluston myöhemmän ylläpidon aikana tietotaidosta saatava hyöty antavat optimituloksen. Optimivaikutus arvioitiin saatavan sellaisella teknologian siirron määrällä, että valmistus Patrialla voidaan aloittaa MDA:n Qualified second source-käyrän (Qss) alkupisteestä ilman lisäyksiä.

5.8 Työmenetelmän vaikutus kokoonpanoon

Patrialle suunniteltu Hornetien kokoonpanolinja vastaa Patrialla tehtävän kokoonpanotyön osalta työmenetelmätasoltaan hyvin MDA:n Qss-arvioinnissa käytettävää kokoonpanolinjaa. Menetelmätasojen eron vaikutus kokoonpanon työtunteihin on niin pieni, ettei se vaikuta tällä tarkkuudella tehtävän tarkastelun tuloksiin

5.8.1 Työtunnin sisältö

Suoriin työtunteihin sisältyvät MDA:lla asennustyön lisäksi tarkastus ja tuotannon tuki, Patrialla normaalisti vain asennustyö. Patrian kokoonpanossa suoraan koneeseen tehdystä työtunneista noin 77 % on asennustyötä ja noin 23 % tarkastustyötä, lisäksi tuotantotukeen käytetään noin 10.5 % työtunneista. Työtuntien kokonaisjakauma Patrian asennustöissä on siten: Asennukseen 70 %, tarkastukseen 20.5 % ja tuotantotukeen 9.5 %.

5.8.2 Työn tehokkuus

MDA:lle on suurten valmistussarjojen takia rakennettu koko koneen valmistamiseen varsin korkea menetelmätaso. Loppukokoonpanon menetelmätaso Patrialla vastaa kuitenkin osaltaan MDA:n tasoa. Verrattaessa tehtaiden yleisiä työtuloksia työtuntia kohti toisiinsa, ei havaittu selviä eroja.

Koska tehtaiden tekninen osaaminen asennustöissä on samaa tasoa ja menetelmätasokin Patrialle suunnitelluissa töissä vastaavat likimain toisiaan, päädyttiin suunnitelmassa käyttämään Patrialle MDA:n kanssa samaa tehokkuusarvoa työtuntia kohti.

5.8.3 Patrian työtunnit

MDA:n Qss-arvion mukaan lasketut työtunnit ovat Patrian 1. loppukokoonpanossa:

- kokoonpano 22 573 mth,
- tarkastus 6 743 mth,
- tuotannon tuki 2 107 mth,
- yhteensä 31 423 mth

Koska Patrialla ei sisällytetä tuotannon tukea työtunteihin, tulee 1. kokoonpanon työtuntimääräksi:

$$31\,423\text{ mth} - 2\,107\text{ mth} = 29\,316\text{ mth}$$

Oppimiskäyrä on 84 % ja tuotannon tuki sisällytetään yleiskustannuksiin.

Koko 57 koneen sarjan RC-tuntimääräksi tulee Patrialla 864 644 miestyötuntia, eli keskimäärin 15 169 mth/kone. [Sopimus 18 T 92, liite 1]

5.8.4 Kokoonpanon työtunnin hinta Patrialla

Nykyhetken suora työtunnin hinta, työpalkka ja suorat lisäkulut, saadaan Patrian tilastoista. Toteutusajan palkkakulut on arvioitava tulevan kehityksen perusteella. Tämän lisäksi on otettava huomioon, mikä osa tehtaan kuluista peitetään palkan lisäkuluilla ja onko kokoonpanotyössä muita lisäkuluja, jotka on myös peitettävä palkan lisäkuluilla. Vastakauppatöissä työt tehdään Suomessa, joten palkat maksetaan markkoina, mutta työn hinta saadaan US-dollareina. Näin ollen on arvioitava sekä markan että dollarin tuleva kehitys.

Dollarin kurssi 90-luvun alussa oli noin 5 FIM/USD. Laskentaperustaksi otettiin 5.5 FIM / USD.

5.9 Työn kustannukset Suomessa

Suoriin työ kustannuksiin (Recurring cost eli RC-kustannukset) kuuluvat työn aikana syntyvät:

- Suorat palkat
- Palkkoihin sidotut tehtaan yleiskulut
- Työn valvonta
- Tarkastus
- Varastointi

RC-kustannukset ovat suoraan töiden tekemiseen liittyvät muuttuvat kustannukset.

Työn valmistelukustannuksiin (Non recurring cost eli NRC-kustannukset) kuuluvat ennen työn aloitusta tarvittavien edellytysten kustannukset:

- Investoinnit työtiloihin ja välineisiin.
- Osien kuljetus valmistajatehtailta (sisältyi tässä tapauksessa MDA:n kustannuksiin)
- Hankittavat työvälineet ja laitteet
- Koulutus ja matkat
- Kirjallisuuteen tutustuminen ja käännöstyöt
- Projektin valmistelu, suunnittelu ja johto

NRC-kustannukset ovat työn edellytysten luomiseen tarvittavat kiinteät kustannukset, joilla synnytetään tässä tapauksessa myös myöhemmässä ylläpidossa tarvittavia resursseja ja osaamista.

Keskuskorjaamon kokoonpanovalmiuden ja 57 koneen sarjan loppukokoonpanon kustannuksiksi tulee FAF:n, AVI:n ja USNavy:n keskinäisten sopimusten mukaan:

[Sopimus 19, liite 1]:

Suorat työkustannukset (RC):

• Tuotanto (Lisähinta Suomessa)	166.2 MFIM	
• Tuotanto (Vertailuhinta MDA:lla)	97.7 MFIM	
RC yhteensä		263.9 MFIM

Valmistelukustannukset (NRC):

• Valmistelu	10.4 MFIM	
• Työvälineet	44.8 MFIM	
• Koulutus	11.5 MFIM	
NRC yhteensä		66.7 MFIM

RC- ja NRC-kustannukset yhteensä: 330.6 MFIM

5.10 Työn lisäkustannukset

Kuten kohdasta 5.9 jo ilmeni, loppukokoonpanon RC-kustannukset (263.9 MFIM) on jaettu sopimuksissa kahteen osaan. Suomen Puolustusministeriön ja US Navyn välisessä sopimuksessa on se kustannus, jolla MDA olisi tehnyt koneiden loppukokoonpanon USA:ssa (97.7 MFIM) ja Patrian ja Ilmavoimien välisessä sopimuksessa on Suomessa tehtävästä kokoonpanosta aiheutuva lisäkustannus (166.2 MFIM). Tätä lisäkustannusta ei pitäisi osoittaa vain kokoonpanolle, koska sillä todellisuudessa rakennettiin keskuskorjaamotason valmiudet.

Mikäli Suomeen ei olisi tavoiteltu keskuskorjaamotasoista kaluston ylläpito-, vauriokorjaus- ja modifiointikykyä, olisi tarvittava ylläpitokyky rakennettu lennostoihin ilman erillistä keskuskorjaamoa. Siinä tapauksessa ei olisi ollut mahdollista tehdä vasta-kauppoina tehtäviä kokoonpanoja ja osavalmistusta.

6. VASTAKAUPPATÖISTÄ SAATAVA HYÖTY MÄÄRÄAIKAIS-HUOLLOISSA.

Tässä luvussa esitetään arviointimenetelmä suorista vastakauppatöistä kaluston käyttöiän aikaisessa ylläpidossa saatavan hyödyn määrittämiseksi.

Esimerkkiaineisto on käytetty Hornetin loppukokoonpanoa ja suunniteltuja määräaikaishuoltoja.

6.1 Laskennan perusteet

Konekanta.

Koneita hankittiin 57 yksipaikkaista ja 7 kaksipaikkaista eli yhteensä 64 konetta. Tilastojen mukaan osa koneista tuhoutuu käyttöikänsä aikana, mutta tuhoutuneet koneet pyritään korvaamaan täydennyshankinnoilla. Tässä on arvioitu keskimääräiseksi käytössä olevaksi konekannaksi 60 konetta.

Kaluston käyttö

Ilmavoimien tavoitteena on lentää Hornet-kalustolla

10 000 lentotuntia vuosittain, eli keskimäärin 167 lentotuntia konetta kohti vuodessa. [Kansanen 4.2.02].

Lentokoneen elinikä.

Hornet-lentorangon eliniäksi on suunniteltu tietyllä käyttöprofiililla 6000 lentotuntia. Suunnitellulla lentointensiteetillä, 167 lh/v, se merkitsee noin 37 vuoden käyttöikää. [Kansanen 4.2.02]

Huoltojärjestelmä

Hornetin lentorankoon on suunniteltu lennostoissa tehtävien O-tason A-, B-, C- ja D-huoltojen lisäksi I-tason E- ja F-huollot. Myös laajennettua F-huoltoa on tutkittu, mutta siitä ei ole päätöstä.

Varsinaista peruskorjausta ei ole suunniteltu tehtäväksi, mutta modifiointeja tehdään tarpeen mukaan ja järjestelmien päivitys on suunniteltu tehtäväksi 2 kertaa.

Huoltojen pääosan muodostavat kaluston lentokelpoisuuden varmistamiseksi laaditun huolto-ohjelman mukaiset tarkastukset, osien vaihdot, säädöt ja testaukset, eli suunnitellut huoltotyöt. Näiden lisäksi huolloissa korjataan tai siirretään tarkkailuun ja myöhemmin korjattavaksi tarkastuksissa löydetty viat sekä tehdään erilaisia kertaluonteisia töitä, kuten modifikaatioita ja erikseen määrättyjä tarkastuksia. Näitä nimitetään suunnittele-mattomiksi huoltotöiksi.

Hornetin E-huollot tehdään 100 lentotunnin välein, F-huollot 200 lentotunnin välein ja laajennettu F-huolto mahdollisesti 1600–1800 lentotunnin välein.

Menetelmätason vaikutus huollon työtunteihin.

Vastakauppatöitä varten hankitaan pelkkää ylläpitoa korkeampi menetelmätaso, osaaminen ja välineet, jotka hyödyttävät kaluston ylläpitoa pienentyneenä työaikana säännönmukaisissa huolloissa ja laajentuneina mahdollisuuksina tehdä korjaustöitä.

Tarkkaa tutkimustietoa hyvien apuvälineiden (telineet, pukitusvälineet, nostimet ja vastaavat), monipuolisempien mittalaitteiden, parempien työvälineiden, laajemman koulutuksen ja yleensäkin korkeamman menetelmätason vaikutuksesta ylläpidon työtunteihin ei ole.

Asiantuntija-arvion mukaan Hornetiin kokoonpanoja varten hankittu menetelmätaso pienentää ylläpidon työtunteja 15–25% verrattuna pelkästään huoltoja varten hankittuun menetelmätasoon. [Muuriaisniemi ja Tuhkanen, 4.10.02] Tässä tarkastelussa on käytetty arvion alarajaa 15 %.

6.2 Oppimisen vaikutus huoltotöissä.

Jo töiden valinnan perusteella määräaikaishuolloissa tehtävät tarkastus- ja korjaustyöt ovat samoja tai samantapaisia kuin kokoonpanossakin.

Jos huoltotyöt tekee sama organisaatio ja sama henkilöstö kuin kokoonpanon ja muut aloitustyöt, voidaan ylläpitotöitä jatkaa samalla oppimiskäyrällä aloittaen likimain kokoonpanon loppumispisteestä.

Koska ylläpitotyöt päästään tässä tapauksessa aloittamaan oppimiskäyrällä alemmaa, ovat työajat huoltotöissä koko eliniän ajan pienempiä kuin ilman kokoonpanotöitä.

6.3 E-huollot

Koneiden jäljellä olevaksi käyttöiäksi on arvioitu 30 vuotta (v.2002) ja lentointensiteetiksi 10 000 lh/v, eli 300 000 lh.

Koska E- ja F- huollot tehdään vuorotellen 100 lh:n välein, tehdään molempia jäljellä olevana kaluston käyttöaikana

$$300\,000\text{ lh} / 200\text{ lh/kpl} = 1500\text{ kpl}$$

E-huolloista pääosa, 90 % on suunniteltu tehtäväksi lennostoissa ja kuormitushuiput, 10 % eli n. 150 kpl Patrialla.

Patrialla on (Lokakuu 2002) E-huollon suunnitellun työn määrä keskimäärin 250 mth/huolto ja suunnittelemattoman työn määrä keskimäärin 125 mth/huolto, eli yhteensä 375 mth/ huolto.[Rytsy 15.5.02]

E-huoltojen työmäärä Patrialla nykytasolla on siis

$$T(E)=5\text{ kpl}\cdot 375\text{ mth/kpl}=1\,875\text{ mth/v, eli hieman yli yksi miestyövuosi.}$$

Patrialla on tehty huoltotöitä jo kymmeniä vuosia, joten E-huollon tyyppinen työ osataan. Koska huoltotyö on tuttua ja lisäksi E-huoltoja tehdään Patrialla varsin harvoin, ei työn oppiminen tapahdu 84 %:n oppimiskäyrän, vaan hitaammin 90 %:n oppimiskäyrän mukaan.

Pääasiassa lennostoissa tehtäväksi suunnitellussa E-huollossa eivät kokoonpanoa varten hankitut välineet auta työssä merkittävästi.

Näin pienen työn vaikutus kokonaisuuteen ei ole merkitsevä, joten sitä ei ole tässä tarkastelussa huomioitu.

6.4 F-huollot

Kohdan 6.3 mukaisesti F-huoltoja tulee kaluston käyttöaikana tehtäväksi 1500 kpl, näistä 80 %, eli 1200 kpl on suunniteltu tehtäväksi Patrialla ja loput 20 %, eli 300 huoltoa lennostoissa osaamistason ylläpitämiseksi.

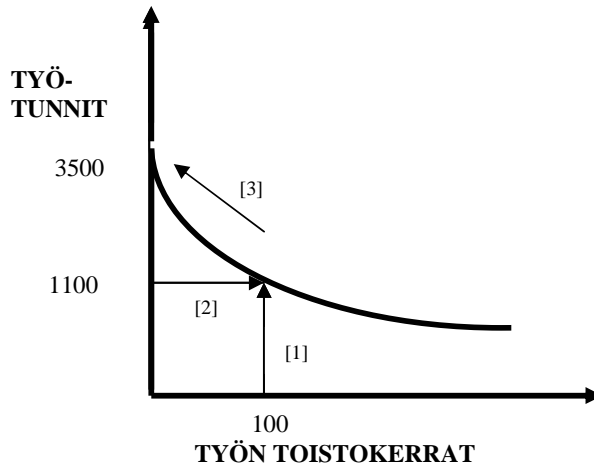
Kokoonpanoja tehtiin 57 koneelle ja tarkasteluaikana (Syyskuu 2002) Patrialla on tehty 51 F-huoltoa. Teoreettisesti on oppimiskäyrällä edetty 108 tapausta. Näiden töiden jälkeen on F-huollon suunnitellun työn määrä keskimäärin 550 mth ja suunnittelemattoman työn määrä keskimäärin myös 550 mth, eli yhteensä 1100 mth/ huolto.[Rytsy]

6.4.1 Vaihtoehto 1, F-huollot kokoonpanon jälkeen

Kokoonpanojen (57 kpl) jälkeen Patrialla tehdyn 43. F-huollon työtuntimäärä $H1(100)$ on 1100 mth. [kohta 6.4, Ryttsy]

Laskemalla takaisinpäin tästä 100. tapauksen kohdalta kaavion 6.1 mukaisesti 84 %:n oppimiskäyrällä saadaan 1. tapauksen tuntimääräksi $H1(1) = 3500$ mth

KAAVIO 6.1: OPPIMISKÄYRÄN ALKUPISTEEN MÄÄRITTELYN PERIAATE

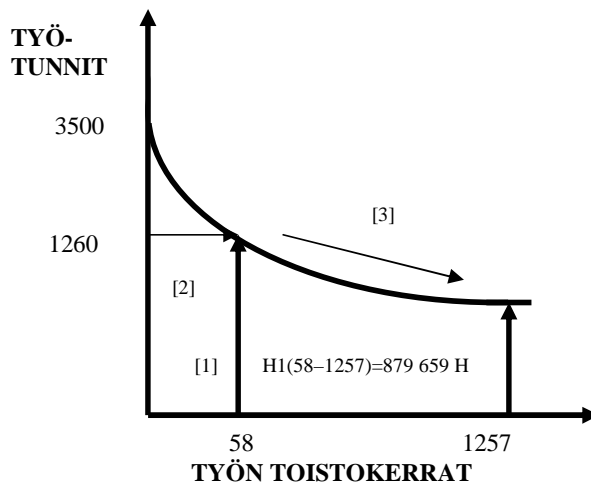


Tehtävien F-huoltojen kokonaismäärä on 1200 kpl ja aloituspiste on kokoonpanojen jälkeen (kohta 7.1.3) oppimiskäyrän 58. tapaus.

Laskemalla Kaavio 6.1:n mukaisesti ensin 1257 huollon työtuntisumma $H1(1-1257)$ ja vähentämällä siitä kokoonpanojen oppimisosuus, eli 57 ensimmäisen tapauksen työtuntisumma $H1(1-57)$, saadaan tulevien 1200 F-huollon töiden työtuntisumma $H1(58-1257)$.

$$H1(1-1257) - H1(1-57) = H1(58-1257), \text{ eli } 973\,842 \text{ h} - 94\,183 \text{ h} = 879\,659 \text{ h}$$

KAAVIO 6.2: VAIHTOEHTO 1, TYÖMÄÄRÄN ARVIOINNIN PERIAATE



6.4.2 Vaihtoehto 2, F-huollot ilman edeltävää kokoonpanoa

Nykyisen oppimiskäyrän aloituspiste $H1(1) = 3500$ mth on laskettu edellä kohdassa 6.4.1

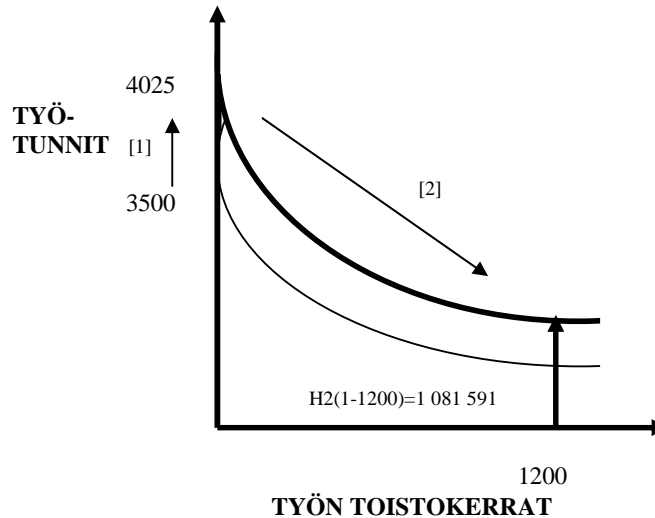
Menetelmätason tehokkuus on kohdan 6.1 mukaan 15 % alhaisempi kuin vaihtoehdossa 1, joten uusi oppimiskäyrä aloitettava 15 % ylempää, eli vaihtoehto 2:n aloituspiste $H2(1)$ on

$$H2(1) = 1.15 * H1(1) \text{ eli } H2(1) = 3500 \text{ h} * 1.15 = 4025 \text{ h}$$

Tulevien 1200 F-huollon työtuntisumma saadaan kaavion 7.3 mukaisesti suoraan 84 %:n oppimiskäyrältä.

$$H2(1-1200) = 1\,081\,591 \text{ h}$$

KAAVIO 6.3: VAIHTOEHTO 2, TYÖMÄÄRÄN ARVIOINNIN PERIAATE



6.5 Kokoonpanojen säästövaikutus F-huolloissa

Kokoonpanosta saatava säästö F-huolloissa $S(F)$ työtunteina on:

$$S(F) = H2(1-1200) - H1(58-1257), \text{ Eli } 1\,081\,591 \text{ h} - 879\,659 \text{ h} = 201\,932 \text{ h}$$

Käyttämällä asentajatunnin hintana Patrian 1990-luvun alkupuolella esittämää työvaiheen tuntihintaa 317 mk/h [Projektitarjousten laskentaperiaatteet], saadaan säästökksi: $201\,932 \text{ h} * 317 \text{ mk/h} = 64\,012\,444 \text{ mk}$, pyöristettynä n. 64 MFIM

(Teholliseen miestyövuoteen voidaan laskea noin 1500 mth, joten säästö vastaa noin 134 tehollista miestyövuotta.)

7. VASTAKAUPPATÖISTÄ SAATAVA HYÖTY KORJAUS- JA MUUTOSTÖISSÄ.

Tässä luvussa esitetään arviointimenetelmä suorista vastakauppatöistä kaluston muutostöistä (modifiointi) ja suunnittelelmattomista korjaustöistä saatavan hyödyn määrittämiseksi.

Lisäksi tarkastellaan kaluston vaihdon aikana aloitustöistä saatavaa hyötyä. Aineistona on käytetty Hornetin loppukokoonpanoa ja Hornetin arvioituja ylläpitotöitä

7.1 Kaluston vauriot

Kalustoa käytettäessä syntyy erilaisia vaurioita, pienistä lintutörmäyksistä vakaviin totaali- vaurioihin. Korjaukset tehdään vaurioasteen ja vaurion laajuuden mukaan joko vaihtamalla osia ja komponentteja tai korjaamalla vaurioitunut kohde.

Vauriot (sekä niiden tilastollinen esiintymistiheys ja korjauksen laajuus Hornet-kalustolla) voidaan jakaa neljään ryhmään:

- Pienet, lintutörmäysten tapaiset vauriot, joita arvioidaan tapahtuvan keskimäärin 5 kertaa vuodessa. Pienten vaurioiden korjaustyö vaatii noin 200–400 työtuntia, keskimäärin 300 työtuntia. [Torikka]
- Keskisuuret, verkkoon ajon tai radalta rullaamisen tapaiset vauriot, joita arvioidaan tapahtuvan keskimäärin kerran vuodessa. Keskisuurten vaurioiden korjaus vaatii keskimäärin 2000 työtuntia. [Torikka]
- Suuret, törmäysten tapaiset vauriot, joita arvioidaan tapahtuvan kerran viidessä vuodessa. Suurten vaurioiden korjaukseen tarvitaan keskimäärin 10 000 työtuntia. [Torikka]
- Totaalivauriot, joita arvioidaan tapahtuvan myös kerran viidessä vuodessa. Totaalivauriokoneita ei korjata.

Korjauksissa tarvittavat työtuntimäärät vaihtelevat vaurioiden erilaisuudesta ja korjaustavasta johtuen voimakkaasti. Mikäli korjaus tehdään vaihtamalla paljon osia, pienee työtuntimäärä, mutta käytettyjen osien hinta kasvaa vastaavasti.

Tuntimäärissä on huomioitu vain korjaamon työtunnit, suunnittelu- ja kehitystöitä ei ole arvioitu.

Hornet-kaluston koko tulevana 30 vuoden käyttöaikana (2002:sta vuoteen 2032) syntyvien ja korjattavien vaurioiden määrä olisi edellisen perusteella:

- pieniä vaurioita: $30v * 5 \text{ kpl/v} = 150 \text{ kpl}$,
- keskisuuria vaurioita: $30v * 1 \text{ kpl/v} = 30 \text{ kpl}$,
- suuria vaurioita: $30v * 1/5 \text{ kpl/v} = 6 \text{ kpl}$ ja
- totaalivaurioita $30v * 1/5 \text{ kpl/v} = 6 \text{ kpl}$.

7.2 Vaurioiden korjaus keskuskorjaamolla

Vauriokorjausten työosuudet ovat yleensä

- Korjauksen suunnittelu
- Vaurioituneen alueen purkaus ja tarkastus
- Korjauskelpoisten osien korjaus
- Tarvittavien vaihto-osien valmistus tai hankinta ja vaihtotyö
- Kokoonpano ja tarkastus
- Lentokelpoisuuden varmistus

Osa korjauksen töistä, erityisesti kokoonpano, tarkastus ja lentokelpoisuuden varmistus, ovat huoltotöiden kanssa samoja tai hyvin samanlaisia. Tämän yhteisen alueen osuus koko korjaustyöstä vaihtelee suuresti vaurion tyyppin ja koon mukaan, mutta se on asiantuntija-arvion [Eklöf] mukaan keskimäärin 20 %. Yhteisen osuuden pienuuden ja suuren vaihtelun takia ei huoltotyössä saatavan kehityksen vaikutusta ole tässä laskelmassa huomioitu. Vauriokorjausten varsinaiset korjaustyöt ovat harvoin keskenään samanlaisia ja niitä tehdään niin harvoin, että toistuvista samanlaisista töistä saatavaa oppimisetua ei saada. Merkittävä sarjatyöetu korjaustöihin saadaan, jos korjauksissa suunnitelmia, ohjeita, työvälineitä, laitteita, vara- ja vaihto-osia tehtäessä huomioidaan myös tulevat tarpeet.

Tarkkaa tutkimusta vastakauppatöitä varten hankitun välineistön ja töissä saadun osaamisen vaikutusta ja kattavuutta korjaustöissä ei ole vielä tehty. Tässä on käytetty asiantuntija-arviota, jonka mukaan kokoonpanon aikana saatu tekninen tietämys ja aineisto mahdollistavat korjauksissa tarvittavan perussuunnittelun. Samoin välineistö ja osaaminen mahdollistavat lähes kaikkien korjaustöiden teon kotimaassa. [Eklöf] Mikäli vaurio tai osa siitä on sellainen, ettei sitä pystytä itse korjaamaan, pystytään se kuitenkin analysoimaan ja osataan neuvotella korjaajan kanssa tehokkaasti.

Korjauskustannukset

Työtunnin hintana on käytetty Patrian asennustyön hintaa vuonna 2002, eli 360 mk/h

Pienten vaurioiden korjaus

korjausten määrä * työtunnit / korjaus * työtunnin hinta
 150 kpl * 300 h/kpl * 360 mk/h = 16 200 000 mk

Keskisuurten vaurioiden korjaus
 30 kpl * 2000 h/kpl * 360 mk/h = 21 600 000 mk

Suurten vaurioiden korjaus
 6 kpl * 10 000 h/kpl * 360 mk/h = 21 600 000 mk

Vauriokorjausten työkuustannukset yhteensä 59.4 Mmk

7.3 Korjaus vaihtoehtoisella korjaamolla.

Jos kotimaassa ei ole korjauskykyä, on kalusto lähetettävä muualle korjattavaksi.

Hornetin korjauksia ulkomaille suunniteltaessa on huomioitava:

- Ulkomailla korjattaessa kalusto olisi jonkin verran kauemmin poissa käytöstä.
- Kokonaiskustannuksia kasvattaisivat koneen purku, pakkaus ja kuljetus sekä työn valvonta ulkomailla.
- Suuria, mutta vain osaan konetta rajoittuvien vaurioiden korjauksia voisi tehdä irrottamalla vaurioituneen osan tai alueen lennostokorjaamolla, korjauttamalla osan ulkomaisilla korjaamoilla ja tekemällä kokoonpanon ja lopputyöt taas lennostokorjaamolla.
- Erikoisosaamista vaativia korjauksia voisi teettää ulkomaisten korjaamoiden korjausryhmillä Suomessa.
- Suuria korjauksia varten ei kannata lähettää korjausryhmää Suomeen, vaan korjaus on tehtävä resurssit ja osaamisen omaavassa paikassa.

- Korjaukset olisi teetettävä Euroopassa. Amerikassa korjauttaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa kuljetusten kalleuden takia. Vaurioituneen koneen purkaminen kuljetuskuntoon, pakkaus ja kuljetus Amerikkaan maksaa noin 300 000 mk. Korjattun koneen lentäminen Amerikasta Suomeen maksaa ilmatankkausten takia noin 900 000 mk. [Torikka]
- Suurten vaurioiden tutkimiseen ja korjausmahdollisuuksien kartoitukseen sekä yleensä erikoisosaamista vaativiin töihin voisi käyttää korjaavien tehtaiden asiantuntijaryhmiä.

Koska pieniä vaurioita ei kannata kuljetusten takia teettää ulkomailla, on tässä tarkasteltu korjausten jakamista osittain (1) Suomeen, osittain (2) Sveitsiin. Tällaisen jaon perusteet ja kustannukset voisivat olla:

Suomalainen osuus:

Kaikki pienet korjaukset ja puolet keskisuurista korjauksista tehtäisiin Suomessa. Tätä varten jollekin lennostokorjaamoista rakennettaisiin rajoitettu vauriokorjauskyky.

- Lennostokorjaamon varustelu vaatisi 30 % keskuskorjaamon varustelusta, eli $40/100 * 10.4 \text{ Mmk} = 4.16 \text{ Mmk}$
- Työkalutarve olisi 40 % keskuskorjaamon tarpeesta, eli $50/100 * 44.8 \text{ Mmk} = 22.4 \text{ Mmk}$
- Koulutustarve olisi 50 % keskuskorjaamon tarpeesta, eli $60/100 * 10.5 \text{ Mmk} = 6.3 \text{ Mmk}$
- Yhteensä (pyöristettynä) 32 Mmk
- Työtuntimäärän on arvioitu olevan samaa tasoa kuin keskuskorjaamollakin.
- Työtunnin hinta on 360 mk/h (v.2002). [Torikka]

Sveitsiläinen osuus:

Korjaamona käytettäisiin Sveitsin Hornet-korjaamoa, joka on lähin ulkomainen Hornet-korjaamo. Siellä korjautettaisiin puolet keskisuurista korjauksista ja kaikki suuret korjaukset.

- Vaurioitunut kalusto voitaisiin kuljettaa Sveitsiin maakuljetuksina ja palauttaa Suomeen lentämällä.
- Koneen varustelu kuljetuskuntoon ja maakuljetus Sveitsiin maksaa n. 150 000 mk
- Paluulennon kustannuksiksi on arvioitu 100 000 mk
- Työtuntimäärän on arvioitu olevan samaa tasoa kuin Suomessakin.
- Työtunnin hintana on käytetty 540 mk/h (v. 2002). [Torikka]
- Ainakin suurten korjausten aikana pitää suomalaisen asiantuntijan olla koko ajan valvomassa työtä. Kun keskimääräinen korjausaika on n. 9 kk, maksaa tarkastajan paikallaolo n.220 000 mk.
- Suurten vaurioiden kartoittaminen ja korjausten esisuunnittelu pitäisi korjaamon asiantuntijoiden tehdä Suomessa. Keskimäärin 2 asiantuntijaa noin kuukauden ajan, kustannus n. 100 000 mk/kerta

Korjausten kustannukset:

Pienet korjaukset Suomessa:

Korjaamon perustamiskustannukset

(Varustelu, työvälineet ja koulutus)

Työ, sama kuin keskuskorjaamolla

32 Mmk

16.2 Mmk

Keskisuuret korjaukset Suomessa:

½ lennostokorjaamoilla,
15 kpl * 2000 h/kpl * 360 mk/h 10.8 Mmk

Keskisuuret korjaukset Sveitsissä:

Valmistelu ja kuljetukset
15 kpl * 250 000 mk/kpl 3.7 Mmk

Työ
15 kpl * 2000 h/kpl * 540 mk/h 16.2 Mmk

Suuret korjaukset Sveitsissä:

Suunnittelu
6 kpl * 100 000 mk/kpl 0.6 Mmk

Valmistelu ja kuljetukset
6 kpl * 250 000 mk/kpl 1.5 Mmk

Työ
6 kpl * 10 000 h/kpl * 540 mk/h 32.4 Mmk

Tarkastus
6 kpl * 220 000 mk/kpl 1.3 Mmk

Korjaukset yhteensä 114.7 Mmk

(VE 114.7 Mmk, keskuskorjaamolla 59.4 Mmk, ero 55.3 Mmk)

Tässä ei ole huomioitu:

- Kaluston poissaolo käytöstä pitemmän aikaa ulkomailla kestävän korjauksen aikana
- Kotimaisella korjauksella pelastettavat totaalivauriokoneet
- Muut säästöt tai kulut

Edellisen perusteella voidaan todeta, että keskuskorjaamolle (Patria) vastakauppatöitä varten hankittua välineistöä ja osaamista tarvitaan myös kokoonpanotöiden jälkeen sekä huolto- että korjaustöihin. Välineistö ja osaaminen olisi siten jouduttu hankkimaan joka tapauksessa, joten huoltoa varten hankitun välineistön lisäksi hankitun välineistö aiheuttamia kustannuksia ei pidä kohdistaa vain kokoonpanolle.

7.4 Järjestelmien päivittäminen ja modifiointi

Nykyisten koneiden perusrakenteen käyttöikä on yli 35 vuotta, mutta järjestelmät vanhenevat jopa alle 10 vuodessa.

Jotta kaluston tehtäväkelpoisuus pysyisi ajan tasalla, päivitetään koneen ohjelmistot noin 1½ vuoden välein ja järjestelmät kehityksestä riippuen 2-4 kertaa kaluston eliniän aikana.

Horneteille, joiden käyttö on suunniteltu kestävän vuoteen 2030, on suunniteltu järjestelmien päivitys 2 kertaa, vuosina 2006–2010 ja 2015–2019. [IlmavE 13.8.2002]

Ohjelmistojen päivitys sisältyy normaaleihin huoltoihin, mutta järjestelmien päivitykseen on arvioitu tarvittavan kaikkine lisätöineen noin 2500 työtuntia / kone [Torikka]

Päivitykset ja modifioinnit pyritään tekemään huoltojen yhteydessä, joten ne eivät vaadi erillisiä koelentoja. Järjestelmien päivityksen lisäksi kalustoon tehdään jatkuvasti koneen lentokelpoisuuden ja tehtäväkelpoisuuden vaatimia modifikaatioita. Suurin osa modifikaatioista tehdään normaalien tehdashuoltojen yhteydessä, mutta joitakin suuria modifikaatioita varten joudutaan tekemään erilliset sarjakorjausohjelmat. Näitä isoja

modifikaatioita on arvioitu tulevan yksi kaluston eliniän aikana. Työn suuruus vaihtelee modifikaation tyypistä riippuen laajalla alueella, keskimäärin sen on arvioitu olevan 2000 mth/ kone [Torikka]

Sekä järjestelmien päivityksen että modifikaatioiden lähes välttämättömänä edellytyksenä ovat keskuskorjaamotasoiset resurssit. Ne on Hornet-tapauksessa hankittu keskuskorjaamoille (Ilmavoimat, Instrumentointi ja Patria) vastakauppatöiden yhteydessä.

Vaihtoehtona olisi ollut varustaa edellisessä kohdassa esitetyn mukaisesti jokin lennostokorjaamoista ainakin osittain keskuskorjaamotasoiseksi, jolloin tässä esitetyt työt olisi voitu tehdä siellä. Tämä vaihtoehto ei aiheuta lisäkustannuksia vertailulaskelmassa, koska kustannukset on huomioitu jo edellisen kohdan perusteella.

7.5 Koekäytöt ja koelennot

Koko koneen lentokelpoisuus todetaan koelentämällä ja laitteiden toimintakelpoisuudet koekäyttöillä koepenissä. Kaluston käytössä tarvitaan runsaasti erilaisia osien ja komponenttien vaihtoja ja niiden aiheuttamia säätöjä ja tosituksia. Kaluston lentokelpoisuus on tosittettava osavaihtojen ja säätöjen jälkeen. Kokoonpanoon kuuluva koelentäminen ja sen valmistelu opettaa juuri nämä asiat.

Näissä töissä on kokoonpanon aikana harjaannuttu, joten sekä valmisteluun tarvittavaa työaikaa että kalliita koelentoja säästetään. Säästö koelentojen vähenemisestä kohdistuu aluksi vain keskuskorjaamolle, mutta heijastuu vähitellen myös lennostoihin

Varsinainen säästö ei synny tarkasti ohjeistettujen ja koulutettujen koelentojen tai koekäyttöjen paremmasta osaamisesta ja niiden ansiosta nopeammasta kokeesta, vaan pääasiassa koelentoa tai koekäyttöä edeltävän työn hyvästä osaamisesta ja työn laadusta, joiden ansiosta kalusto on vaatimukset täyttävässä kunnossa ja voidaan hyväksyä yhdellä kokeella. Mikäli kokeissa löydetään virheitä, jotka keskeyttävät kokeen tai vaativat kokeen jälkeen tarkastuksia, korjauksia tai säätöjä, on koe toistettava. Näiden uusintakokeiden syitä tai määrää ei myöskään ole tarkasti tutkittu, joten tässäkin on käytettävä arviota. Patrian kokemusten mukaan huollon tai korjauksen jälkeen tarvittaisiin keskimäärin 3 koelentoa ilman kokoonpanossa saatua kokemusta. Nykyisin tarvitaan 1.7 koelentoa, eli kokoonpanossa saadun kokemuksen hyöty on 1.3 koelentoa huoltoa kohti. [Torikka ja Rytsy]

Huollon jälkeisen koelennon pituus vaihtelee 1h:sta 1h 15 minuuttiin, keskipituudeksi on tässä laskettu 1.1 tuntia (1h 6 min).[Torikka] Koska suuri osa pienistä modifikaatioista ja korjauksista tehdään huoltojen yhteydessä, eivät ne tarvitse erillistä koelentoa, joten huoltojen määrää voidaan käyttää näiden koelentojen määränä.

Raskaiden korjauksien ja modifikaatioiden tekemisessä vaikuttaa osien valmistuksessa, loppukokoonpanossa ja testaamisessa saatu osaaminen merkittävästi. Patrian osaa- mista kuvaa koneiden kokoonpanojen jälkeisissä tarkastuksissa ja vastaanotoissa tarvittujen koelentojen määrä, keskiarvo oli 2.2 koelentoa/kone, kun teoreettisen minimi on 2.

MDA:n ennakkoarvion mukaan Patrialla olisi tarvittu alussa 10, myöhemmin 6 koelentoa/kone. [Muuriaisniemi]

Tässä tutkimuksessa on arvioitu kaikkien koelentoa vaativien huoltojen ja korjausten osalta säästettävän 1.3 koelentoa / tapahtuma.

7.6 Lentotunnin kustannukset

Ilmavoimien arvion [IlmavE 30.12.1999] mukaan Hornetin eliniän lentotuntikustannus vuoden 1997 rahassa jakaantuu seuraavasti:

• Pääomakustannus	184 006 mk/lh (83 %)
• Oma työ (Ilmavoimat)	10 790 ” (5 %)
• Ostettu työ (Ilmav:n ulkopuolelta)	8 742 ” (4 %)
• Varaosakustannus	7 825 ” (4 %)
• Polttoainekustannus	6 095 ” (3 %)
• Lentotekninen tuki	3 927 ” (2 %)
• Yhteensä	221 385 mk/lentotunti

Tämän tutkielman taloudellisissa laskelmissa ei pääomakuluja ole otettu mukaan, vaan lentotunnin hintana on käytetty 37 379 mk/lh.

Huoltojen ja pienten korjausten jälkeisissä koelennoissa saatava kustannussäästö käyttöiän aikana on tämän mukaan:

$(E\text{-huollot} + F\text{-huollot}) * \text{säästetyt lennot/huolto} * \text{lennon pituus} * \text{lentotunnin hinta, eli}$

$(150 \text{ kpl} + 1200) \text{ kpl} * 1.3 * 1.1 \text{ lh/kpl} * 37\,379 \text{ mk/lh} = 72\,160\,159 \text{ mk}$
Pyöristettynä 72 Mmk.

Vauriokorjausten jälkeisissä koelennoissa saatava kustannussäästö käyttöiän aikana on tämän mukaan:

$(\text{Suuret vauriokorjaukset} + \text{keskisuuret vauriokorjaukset} + \text{pienet vauriokorjaukset}) * \text{säästetyt lennot/korjaus} * \text{lennon pituus} * \text{lentotunnin hinta, eli}$

$(6 + 30 + 150) \text{ kpl} * 1.3 * 1.1 \text{ lh/kpl} * 37\,379 \text{ mk/lh} = 9\,942\,066 \text{ mk}$
Pyöristettynä 10 Mmk.

Yhteensä koelentojen määrän pienenemisestä saatava säästö on:

$72 \text{ Mmk} + 10 \text{ Mmk} = 82 \text{ Mmk}.$

7.7 Vapaan kapasiteetin kuormittaminen

Konetyyppien vaihdon aikana on tehtaalla yleensä runsaasti vapaata kapasiteettia. Kaavion 5.3 mukaan Patrian lentokonehuollossa on ylimääräistä kapasiteettia 90-luvulla ilman lisätöitä ainakin 505 000 mth.

Jos kuormittamaton henkilöstö pidettäisiin tehtaan palkkalistoilla odottamassa tulevaa Hornetin huoltoa, olisi kustannus:

$505\,000 \text{ mth} * 130.50 \text{ mk/mth} = 65\,902\,500 \text{ mk}.$

Summa on niin suuri, ettei käytännössä ole mitään mahdollisuuksia käyttää tätä vaihtoehtoa.

Kun tehtaalle joudutaan palkkaamaan uutta henkilöstöä, riippuvat uuden henkilöstön koulutusaika ja -kustannukset oleellisesti henkilöiden aikaisemmasta koulutuksesta ja alan kokemuksesta.

Siviili-ilmailun määräyksissä [JAR] on tarkasti määritelty eri tehtävien pätevyysvaatimukset. JAR-66.20:n mukaan huoltohenkilöstön luokat ja pätevyysvaatimukset ovat likimain:

A-luokka: Huoltomekaanikko [JAR -66.20: Line maintenance certifying Mechanic].

Luvan saamisen edellytykset ovat:

- Ilmailutekniikan peruskurssi ja vuosi käytännön kokemusta, tai
- Jokin muu ammatillinen koulutus, ilmailuviranomaisen hyväksyntä ja 2 vuotta käytännön kokemusta, tai
- 3 vuotta viimeaikaista käytännön kokemusta ja operatiivista koulutusta.

B-luokka: Huoltoteknikko [JAR-66.20: Line maintenance certifying technical-avionic].

Luvan saamisen edellytykset ovat:

- JAR-147:n mukainen ilmailutekniikan peruskurssi ja 2 vuotta viimeaikaista käytännön kokemusta operatiivisessa käytössä olevien ilma-alusten huollossa ja osoitettava asiaankuuluvien oppimoduulien perusteellinen hallinta

C-luokka: Korjaamohuoltoinsinööri [JAR-66.20: Base maintenance certifying engineer].

Luvan edellytykset ovat:

- Teknisen alan akateeminen tutkinto JAA:n hyväksymässä yliopistossa tai muussa korkeakoulussa ja 3 vuoden kokemus siviilialusten huollossa useissa eri tehtävissä ja tyypikoulutus, tai
- 3 vuoden kokemus B-luokan tehtävissä, joissa avustanut C-luokan valtuutettua ja tyypikoulutus

Ilmailuteollisuudessa (mm. Patria) uuden henkilöstön koulutusaika voidaan arvioida JAR-vaatimusten perusteella seuraavasti:

Koulutusaika teoreettisen opiskelunsa päättäneestä itsenäiseen työskentelyyn pystyväksi ammattimieheksi on ilmailuteollisuudessa insinööreillä noin 5 vuotta, tekniikoilla ja tarkastajilla noin 4 vuotta ja asentajilla noin 3 vuotta. Erikoisosaamista vaativilla alueilla ajat ovat huomattavasti pidemmät.

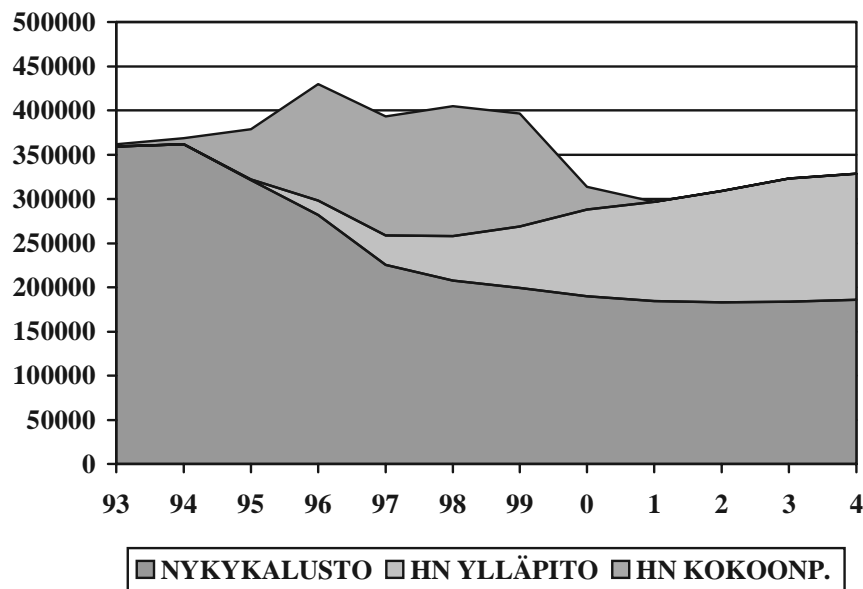
Voimakkaasti yleistäen perehdyttämisen ensimmäinen kolmannes on koulutusta, josta työnantaja ei saa mitään hyötyä työpanoksena. Toinen kolmannes hyödyttää työnantajaa 1/3 työpanoksella ja kolmas kolmannes 2/3 työpanoksella. Täten koulutuskustannus on 2/3 koulutusajan kustannuksista, eli insinöörin koulutuskustannus vastaa noin 3 insinöörivuoden, tekniikon tai tarkastajan lähes 3 teknikkovuoden ja asentajan noin 2 asentajavuoden kustannuksia.

Jos henkilöstö lomautetaan huoltokuorman pudotessa ja voitaisiin ottaa takaisin huoltokuorman kasvaessa, saataisiin säästöä huomattavasti, mutta ammattitaitoinen henkilöstö löytää kuitenkin nopeasti uuden työn eikä palaa helposti takaisin epävarmaksi osoittautuneeseen työpaikkaan.

Henkilöstön lomauttaminen ja irtisanominen vie helposti työhalut.

Tässä on arvioitu työtuloksen pienenevän puoleen viimeisten kahden kuukauden aikana, joten tämä kustannus on noin miestyökuukauden kustannus irtisanottavaa työntekijää kohti.

**KAAVIO 7.2: LENTOKONEHUOLLON KUORMITUSENNUSTE
SUORAT MIESTYÖTUNNIT / V 1993 – 2004. [AVI 10]**



Kaavion 7.2 mukaan nykykaluston huoltokuorma putoaa vuoden 1994 tasosta, n. 362 000 mth/vuosi, melko jyrkästi ja jää vuoden 2000 jälkeen tasolle n. 185 000 mth/vuosi. Tässä on arvioitu uuden Hornet-kaluston alkavan kuormittaa lentokonehuoltoa vuonna 1997 ja kuorman kasvavan vuoteen 2004 mennessä 143 000 mth:ksi. Koko huoltokuorma olisi vuonna 2004 n. 328 000 mth, josta se kasvaisi Hornetin suurempien huoltojen, korjausten ja modifiointien myötä tulevaisuudessa.

Kaavioon on piirretty Hornetin kokoonpanon tarvitsema kapasiteetti, joka on n. 1 000 000 mth. Se on kaavion mukaan hieman liian suuri ja ajoittuu hieman liian lyhyelle ajalle. Tehtaan muilla osastoilla oli kuitenkin vapaata tai vapautuvaa kapasiteettia, joten työ voitiin hoitaa ilman uusia henkilöstölisäyksiä. Huolto- ja korjaustyön määrä perustuu kaaviossa valmistajan ilmoittamiin tilastoihin, jotka kokemuksen mukaan ovat optimistisia. Todellisen huoltokuorman ja tulevien korjausten kuorman arvioitiin olevan 10–20 % ilmoitettua suuremmat.

Näillä perusteilla arvioitiin kokoonpanotyön sopivaksi kooksi n. 1 000 000 mth.

Asennustyön kuorma kasvaa kaavion 5.2 mukaan vuoden 1997 tasosta n. 250 000 mth/v vuoteen 2004 mennessä tasoon 320 000 mth/v.

Kun henkilön työmääräksi lasketaan 1 500 mth/v, merkitsee 70 000 mth/v kasvu noin uutta 46 asentajaa.

Uuden asentajan koulutus vastaa kohdan 7.7 mukaan 2 vuoden palkkakuluja. Patrian mukaan asentajien palkkakustannukseksi projektin valmistelutyössä laskettiin 1990-luvun alkupuolella 130.50 mk/h (Projektitarjousten laskentaperiaatteet), joten 46 asentajan koulutuksen aikainen palkkakustannus olisi:

$$46 \text{ asentajaa} * 2 \text{ mth/asentaja} * 1500 \text{ h/mth} * 130.50 \text{ mk/h} = 18\,009\,000 \text{ mk, pyöristettynä } 18 \text{ MFIM.}$$

Suunnitelluilla vastakauppatöillä voidaan työllistää tämä henkilöstö, uusia asentajia ei tarvitse palkata eikä kouluttaa, joten vastakauppatöistä syntyy säästöä n. 18 Mmk. Tässä ei ole huomioitu koulutuskustannuksia.

Insinöörien ja teknikoiden määrässä ei tapahdu suuria muutoksia, koska Hornetin ylläpidon ja muiden tulevien töiden suunnittelu sitoo vapautuvat voimat.

8. SUORIENT VASTAKAUPPATÖIDEN KANNATTAVUUS

Tässä luvussa esitetään yhteenveto Hornetin loppukokoonpanon taloudellisesta kannattavuudesta.

8.1 Kokoonpanotyöstä aiheutuneet lisäkustannukset

Luvussa 3 tarkasteltiin Suomessa tehtävää lentokoneen loppukokoonpanoa ja koelentämistä varten tarvittavia resursseja. Ne ovat samoja resursseja, joita tarvitaan keskuskorjaamalla kaluston eliniän aikaisessa ylläpidossa. Kaikkia näistä resursseista ei kuitenkaan tarvittaisi eliniän alkuvaiheessa, ellei kokoonpanoja tehtäisi. Tästä syystä niiden hankkiminen on tässä kustannusten yhteenvedossa laskettu kokoonpanosta johtuviksi kustannuksiksi (NRC).

Luvussa 5 tarkasteltiin kokoonpanotyön kustannuksia sekä myyjämaassa (MDA:lla), että Suomessa (Patrialla) tehtynä. Näiden erotus on Suomessa tehdystä kokoonpanotyöstä aiheutuva lisäkustannus (RC).

Suomessa tehdyn loppukokoonpanon ja koelentämisen kustannukset (57 kpl F/A-18 C Hornetia) ovat (sopimusten mukaan):

Kokoonpanotyön RC:n lisäkustannus Suomessa, kohta 5.9	166.2 Mmk
Kokoonpanon NRC	
* valmistelu, kohta 5.9	10.4 Mmk
* työvälineet, kohta 5.9	44.8 Mmk
* koulutus, kohta 5.9	11.5 Mmk
Lisäkustannukset yhteensä	232.9
Mmk	

8.2 Kokoonpanotyöstä saatavat hyödyt

Luvussa 4 tarkasteltiin kokoonpanoa varten hankittujen resurssien tarvetta ja käyttöä kaluston eliniän aikaisessa ylläpidossa. Tarkastelun mukaan lähes kaikki kokoonpanoa varten hankitut resurssit olisi pitänyt hankkia myöhemmin ylläpitoa varten.

Tässä laskelmassa tarkastellaan niitä säästöjä, joita syntyy kun ylläpitoa varten ei tarvitse hankkia uusia resursseja, koska ne on hankittu jo kokoonpanoa varten.

Kokoonpanotöissä kehittyneen osaamisen vaikutuksia ylläpitotöiden tekemiseen ja osaamisen taloudellisia vaikutuksia on myös tarkasteltu kohdan 6 mukaisesti.

Suomessa tehtyä kokoonpanoa varten hankituista resursseista ja kokoonpanotyössä saadusta oppimisesta saadut hyödyt kaluston eliniän aikana ovat (sopimusten ja arvioiden mukaan):

Kokoonpanotyövälineet, kohta 5.9	44.8 Mmk	
Kokoonpanokoulutus, kohta 5.9	11.5 Mmk	
Kaluston F-huollot, kohta 7.2.3	64 Mmk	
Vauriokorjaukset, kohdat 7.3.1 ja 7.3.2	59 Mmk	
Järjestelmien päivitykset ja modifioinnit, kohta 7.4 ja järjestelmien ylläpito, kohta 7.5, sisältyvät edelliseen kohtaan		
Huoltokoelennot, kohta 7.6	72 Mmk	
Korjausten jälkeiset koelennot, kohta 7.6		10
Mmk		
Koulutus, kohta 7.7	18 Mmk	

8.3 Kokoonpanon taloudellinen tulos

Kohdissa 8.1 ja 8.2 esitettyjen yhteenvedojen mukaan on kustannusten ja saatujen säästöjen erotus:

$$279.3 \text{ Mmk} - 232.9 \text{ Mmk} = 46.4 \text{ Mmk}$$

Tuloksen tarkkuus:

- Laskelman perustana olevien osatekijöiden tarkkuus vaihtelee paljon, joten koko laskelman tuloksesta on todettava sen olevan 46.4 Mmk:n asemesta vain selvästi positiivinen.
- Vastakauppanenettelyn mahdollisesti kokoonpanoon aiheuttamista lisistä ei ole saatavissa mitään tietoa, joten niitä ei ole arvioitu tai laskettu mukaan.
- Hankintojen ja niiden osien ajoituksessa on niin monia vaihtoehtoja, ettei niiden mahdollisesta korkovaikutuksesta voi tehdä edes kohtuullisen tarkkaa arviota. Korkovaikutusta ei ole tässä huomioitu.
- Sopimuksia on tehty sekä markka että dollariperusteisina. Koska kurssi vaihtelee paljon ajan kuluessa, on sopimusten ja maksujen ajoituksella merkittävä vaikutus näennäiseen kannattavuuteen. Yritykset (Patria) pyrkivät estämään kurssivaihteluiden vaikutuksia tasaamalla dollaripohjaisia saataviaan ja maksujaan. Dollarin kurssin vaihtelun vaikutusta ei ole tässä huomioitu.
- Suuri ja ajallisesti vaihteleva vaikutus ostajan todellisiin kustannuksiin on vastakauppanenettelyllä. FMS-kauppana tehdyn kaupan hinta muuttuu muiden ostajien ja toimittajien tilanteen mukaan. Ostohinta ei ole vakio, mutta siihen ei ostaja voi vaikuttaa. Tätäkään tekijää ei ole huomioitu.
- Laskelmissa käytettyyn lentotunnin hintaan ei ole otettu koneen pääomakustannuksia, jotka ovat 83 % lentotunnin hinnasta.

Yhteenvedo:

Vaikka edellä esitetty laskelmien tarkkuus on karkea, eikä siinä ole huomioitu kaikkia osatekijöitä, se kuitenkin osoittaa tyypillisen vastakauppatyön, Hornetin loppukokoonpanon ja testauksen, olevan taloudellisesti kannattava.

9. HORNETIN SUORAT VASTAKAUPPATYÖT

Tässä luvussa tarkastellaan edellä kuvattujen vastakauppatöiden valintamenetelmien ja kannattavuuden arviointimenetelmän toimivuutta Hornet-ympäristössä.

9.1 Valinnan tavoitteet

Patrian esittämät tavoitteet Hornet-projektissa olivat:

[AVI 4]

- *Kehittää kaluston ylläpitokyky loppukokoonpanon avulla*
- *Kehittää kaluston korjauskyky osavalmistuksen ja loppukokoonpanon avulla*
- *Kehittää avioniikka- ja elektroniikkaosaaminen loppukokoonpanon ja järjestelmäkehityksen avulla*
- *Säilyttää huolto-, korjaus- ja modifiointikapasiteetti*
- *Pienentää kaluston eliniän kustannuksia*

9.2 Vastakauppakertoimet

Kerroinjärjestelmä [Tarkastuskertomus 5/99 s. 34]

Koko kaupan perusteena oli 100 % vastakauppa, eli myyjän on ostettava tai järjestettävä ostoja Suomesta uusilta alueilta koneiden ostohintaa vastaava määrä.

Ostojen vastakauppa-arvo ei ole suora kauppahinta, vaan ostohinta on kerrottava vastakauppakertoimella. Tämän kertoimen suuruus vaihtelee alan ja siirrettävän teknologian uutuus- ja merkitysarvon mukaan lentokonealan töiden 1:stä erikoisalojen teknologian siirron useihin kymmeneen.

Kertoimen esitti myyjä ja sen neuvotteli ja hyväksyi suomalainen vastakauppakomitea.

Pieni kerroin merkitsee etua ostajalle, koska vastakaupan todellinen määrä ei pienene keinotekoisesti.

Vastaavasti se pienentää myyjän kiinnostusta. Varsinkin, jos epäillään mahdollisuuksia toteuttaa koko vastakauppamäärä.

Lentokonetöiden vastakauppakerroin oli yleisimmin 1. Ostaja ja myyjä pitivät lentokonetöitä merkittävänä, joten kertoimella ei ollut ainakaan negatiivista vaikutusta suoriin vastakauppoihin.

9.3 Dollarin kurssi

Vastakaupat Patrian ja MDA:n kesken tehtiin dollareissa.

Dollarin vaihtokurssi kauppaa neuvoteltaessa ja sopimusta allekirjoitettaessa oli 4.38 mk/\$. Tarkasteltaessa USD:n kurssin kehittymistä viimeisten vuosikymmenten aikana, todettiin sen heiluneen 3.5 ja 7 markan välillä. Tämän takia ei ollut itsestään selvää, mikä kurssi tulisi olemaan tämän kaupan toteutumisen aikana, vuosina 1995–2000.

Kauppaa tehtäessä arvioitiin dollarin kurssin nousevan kaupan toteutusaikana tasolle 5-6 mk/\$, joten laskentakurssiksi valittiin 5.5 mk/\$ (FIM/USD). Toimitushetken kurssin ero laskentakurssiin nähden vaikuttaa siten suoraan kaupan kannattavuuteen. Tämä on kuitenkin asia, johon ei voi itse vaikuttaa. Riski on arvioitava ja huomioitava laskentakurssissa.

Yhtiökohtaisesti kurssiriskiä voidaan pienentää pitämällä yhtiön dollariperusteiset saatavat ja maksut likimain samansuuruisina. Tällä estetään kurssin putoamisen aiheuttamat tappiot, mutta kurssin nousukaan ei tuota voittoa.

9.4 Valitut työt ja tavoitellut tulokset

9.4.1 Lentokoneiden loppukokoonpano ja koelentäminen.

Määrä: 57 kpl F/A-18 C konetta. Yksipaikkaiset koneet Ilmavoimille.

Työllä tavoiteltavat kyvyt ovat:

- Kyky koneen kokoonpanoon pääkomponenteista.
- Kyky järjestelmien testaukseen ja säätämiseen.
- Kyky testata ja varmistaa koneen lentokelpoisuus ja tehtävävalmius maakokeilla.
- Kyky testata ja varmistaa koneen tehtävävalmius ja tehtäväkelpoisuus koelentämisellä.
- Kyky tehdä koneen ja laitteiden määräaikaishuollot.
- Kyky tehdä koneen vauriokorjaukset käyttäen vaihto-osia
- Kyky tehdä koneen ja laitteiden modifikaatiot sekä päivittäminen.

9.4.2 Moottoreiden kokoonpano.

Määrä: 121 kpl General Electric GE 505 moottoreita Suomessa (Patrialla) koottaviin koneisiin ja varamoottoreiksi Ilmavoimille.

Työllä tavoiteltavat kyvyt ovat:

- Kyky koota moottori varusteineen komponenteista
- Kyky testata ja varmistaa moottorin toimintakelpoisuus koepenissä.
- Kyky peruskorjata moottori apulaitteineen käyttäen vaihto-osia.
- Kyky tehdä moottorin ja laitteiden modifikaatiot sekä päivittäminen.

9.4.3 Laskutelineiden kokoonpano.

Määrä: 57 sarjaa laskutelineitä Suomessa (Patrialla) koottaviin koneisiin.

Työllä tavoiteltavat kyvyt:

- Kyky kokoonpanna laskutelineet komponenteista.
- Kyky testata ja varmistaa laskutelineiden toiminta koetelineessä ja koneessa.
- Kyky peruskorjata laskutelineet käyttäen vaihto-osia.
- Kyky tehdä modifikaatiot sekä päivittäminen.

9.4.4 Koneen eturungon puolikkaiden valmistus.

Määrä: 57 sarjaa Suomessa (Patrialla) koottaviin koneisiin. Lisäeriä eri sopimuksilla MDA:lle.

Työllä tavoiteltavat kyvyt:

- Kyky valmistaa vaativia lentokoneen ohutlevyosia tilaajien ohjeiden mukaan.
- Kyky suunnitella ja valmistaa vaativia ohutlevyrakenteita vauriokorjauksiin (sekä Hornetissa että muissa vastaavissa rakenteissa).

9.4.5 Koneen peitepaneelisarjan valmistus.

Määrät: 57 sarjaa Suomessa (Patrialla) koottaviin koneisiin. Lisäeriä eri sopimuksilla MDA:lle.

Työllä tavoitellut kyvyt:

- Kyky valmistaa vaativia lentokonelaatuisia komposiittirakenteita tilaajien ohjeiden mukaan.
- Kyky suunnitella ja valmistaa vaativia komposiittirakenteita vauriokorjauksiin.

- Kyky suunnitella ja tehdä vaativien komposiittirakenteiden vauriokorjauksia.

9.5 Sopimukset

Hornet-kaupassa käytettiin USA:n hallituksen tarjoamaa mahdollisuutta FMS (Foreign Military Sales) kauppaan, joka tässä tapauksessa tarkoittaa:

- Myyjä on Yhdysvaltain merivoimat, USNavy, ostaja Suomen puolustusministeriö ja Suomen puolelta hankinnasta vastaa FAF.
- USNavy yhdistää Suomen tilauksen muilta tilaajilta saamiinsa tilauksiin.
- Suomi saa tuotteet samalla varmuudella ja samalla hinnalla kuin USNavy ja muut FMS-asiakkaat.
- USNavyllle ei USA:n lain mukaan saa muodostua kaupasta voittoa eikä tappiota.
- USNavylla on kokonaisvastuu toimituksista ja hankitun kokonaisuuden toimivuudesta. Tuotetuen järjestelyissä Suomi saa käyttöönsä maksua vastaan USNavyn organisaation, joten suomalaista henkilöstöä ei tarvita.
- USNavy vastaa toimittajien valvonnasta, joten suomalaista henkilöstöä ei tässäkään tarvita.

Koska US Navyn toimitusten määrät vaihtelevat vuosittain sekä USA:n sisäisten että vientiin menevien toimitusten johdosta, vaihtelevat myös yksikköhinnat. Suuret tilausmäärät pienentävät kiinteiden kustannusten osuutta ja siten toimitusten yksikköhintaa ja ostajien kannalta valitettavasti myös päinvastoin. Tämä yksikköhintojen vaihtelu on merkittävää. [mm. IlmavE 6.10.1997]

9.6 Sopimusjärjestelmä

Sopimusjärjestelmästä tuli varsin monimutkainen.

Koneen valmistaja on MDA, myyjä USNavy, ostaja Suomen puolustusministeriö, hankinnasta vastasi Suomessa FAF ja suorien vastakauppatöiden tekijä oli pääasiassa Patria.

Kun Patria tekee vastakauppatöinä koneen osia tai kokoonpanoja MDA:lle, saa Patria maksun luonnollisesti MDA:lta.

Kun MDA toimittaa koneen USNavyn kautta Suomeen FAF:lle, se saa maksun FAF:lta USNavyn kautta. Näin raha kiertää vastakauppojen osalta Suomesta FAF:lta USA:n USNavyn ja MDA:n kautta takaisin Suomeen Patrialle. Tällainen rahan kierrättäminen USA:n kautta maksaa 20–25 %, joten pyrittiin löytämään halvempi tapa maksuihin.

[Kansanen 4.2.02]

Neuvotteluissa sovittiin seuraava menettely:

- Vastakauppatyön hinta jaetaan kahteen osaan: Perushintaan, joka on kyseisen työn hinta MDA:lla ja lisähintaan, joka on Patrian työn lisähinta, eli MDA:n hinnan yli menevä osa.
- FAF maksaa Amerikkaan MDA:lle perushinnan
- MDA maksaa Suomeen Patrialle perushinnan
- FAF maksaa Patrialle lisähinnan

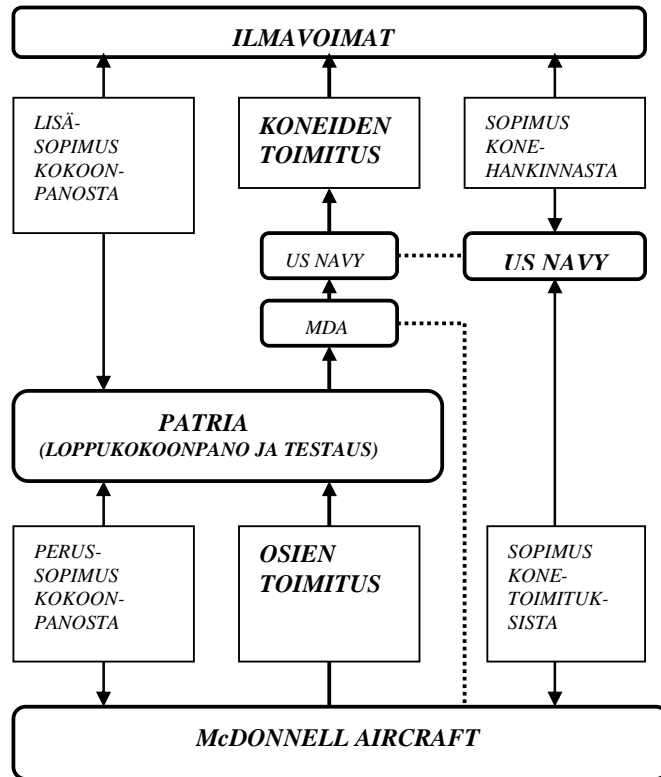
Tällä järjestelyllä säästetään lisähinnan osalta rahan kierrätyskustannus, mutta joudutaan tekemään kahdet sopimukset.

Perussopimus MDA:n ja Patrian välillä ja lisäsopimukset FAF:n ja Patrian välillä (Tämän sopimuksen hinta on sama kuin työstä maksettava lisähinta). Tätä samaa menettelytapaa käytettiin myös muiden valmistajien kanssa (mm. moottorin valmistaja General Electric)

Kaaviossa 9.1 on esitetty lentokoneen loppukokoonpanon ja koelentämisen sopimukset sekä materiaalivirrat.

Kaaviosta näkyy, miten MDA toimittaa kokoonpanossa tarvittavat osat ja alakokoonpanot Patrialle, joka kokoaa ja tosittaa niistä lentokelpoisen lentokoneen. Patria luovuttaa koneen tilaajalleen MDA:lle, joka luovuttaa koneen edelleen omalle tilaajalleen USNavylle ja tämä edelleen omalle tilaajalleen Suomen Ilmavoimille. Luovutukset Patrialta MDA:lle, MDA:lta USNavylle ja USNavylta Ilmavoimille tapahtuivat fyysisesti kaikki Suomessa Patrian tehtaalla.

KAAVIO 9.1: KONEIDEN LOPPUKOKOONPANON SOPIMUKSET JA MATERIAALITOIMITUKSET



9.7 Vastakauppojen kannattavuus

Kuten jo kohdassa 2.8 todettiin, vastaostovelvoite aiheuttaa myyjälle lisäkustannuksia, jotka myyjä lisää omina kuluinaan kauppahintaan.

Näiden lisäkustannusten kohdistumisesta suoriin vastakauppasopimukseen ei ole saatavissa tietoa, eikä näitä mahdollisia kustannuslisiä ole tässä tutkimuksessa huomioitu.

Kohdan 8.3 mukaan lentokoneen loppukokoonpano on taloudellisesti kannattava, kun huomioidaan kokoonpanosta myöhemmässä ylläpidossa saatavat hyödyt.

Laskutelineiden kokoonpanotyö ja myöhemmät ylläpitotyöt ovat kannattavuusmielessä hyvin samanlaiset kuin lentokoneen kokoonpano ja ylläpito. Laskutelineet liitetään lentorankoon kokoonpanon puolivälissä ja ovat sen jälkeen elimellinen osa kokoonpanua ja kokeiltavaa lentokonetta. Laskutelineiden kokoonpanoa voidaan pitää taloudellisesti kannattavana vastakauppana.

Moottoreiden kokoonpanotyö on kannattavuusmielessä parempi kuin lentokoneen kokoonpano, koska moottoreiden uuskokoonpano ja moottorin peruskorjauksessa tehtävä kokoonpano ovat lähes identtiset, lisäksi moottoreiden ”peruskorjaus” tehdään tiheämmin kuin lentokoneen ”peruskorjaus”. Näin ollen moottoreiden kokoonpanoa voidaan pitää taloudellisesti jopa hyvin kannattavana vastakauppana.

Jo nyt (v. 2003) voidaan todeta keskuskorjaamo-osaamisen ja resurssien suuri merkitys vaurioituneiden koneiden tutkimisessa, korjausten suunnittelussa ja varsinaisessa korjauksessa. Projektin suunnitteluvaiheessa käytetyt arviot ovat näiltä osin pitäneet paikkansa, joissakin kohdissa ne ovat osoittautuneet jopa varovaisiksi.

10. KESKUSTELU

10.1 Tulokset

Tutkimuksen tavoitteena oli etsiä, kehittää ja kuvata menetelmät, joilla voidaan valita lentokonehankintojen suorien vastakauppatöiden kohteet ja arvioida töiden taloudellinen kannattavuus.

Suorien vastakauppatöiden valintaa tutkittiin kuvaamalla Hornet-hankinnassa käytetty töiden valintamenetelmä. Menetelmän perustana ovat kaluston koko eliniän aikaisessa ylläpidossa tarvittavat resurssit ja osaamisen. Suorina vastakauppoina tehtäviksi alkutöiksi pyritään löytämään sellaisia töitä, joissa tarvitaan samoja resursseja ja samaa osaamista kuin myöhemmässä ylläpidossakin. Lisäksi alkutöiden määrä pyritään sovittamaan työt tekevän korjaamon pitkän aikavälin kapasiteettiin. Menetelmää ja sen perusteita tarkennettiin jonkin verran jälkeenpäin saatujen kokemusten perusteella.

Kuvattu menetelmä ei ole vielä kovin tarkka eikä anna yksikäsitteisiä tuloksia. Kuitenkin asiantunteva käyttäjä pystyy menetelmää käyttämällä valitsemaan oikean tuloksen antavat työt.

Tärkein havainto kehitettyjen menetelmien käytössä Hornet-tarkasteluissa on: Töiden valinnassa pääpaino on pantava alkutöiden ja tulevien ylläpitotöiden yhteensopivuuteen.

Yleisesti töiden valinnassa tärkeimmät tavoitteet ovat tutkimuksen perusteella:

- kaluston koko eliniän aikainen lentokelpoisuuden ylläpito ja
- tehtävəkelpoisuuden jatkuva kehittäminen ja ajan tasalla pito.

Taloudellisuuden arviointimenetelmiä kehitettiin myös Hornet-projektissa käytettyjen periaatteiden pohjalta. Menetelmässä laaja kokonaistehtävä pyritään jakamaan hallittavissa oleviin osatehtäviin, jotka voidaan ratkaista erikseen ja koota niistä kokonaisratkaisu. Erityisesti tällä alueella joudutaan käyttämään tilastollisiin todennäköisyyksiin ja kokemukseen perustuvia arvioita tulevaisuudessa tapahtuvien töiden ja työmäärien määrittämiseen. Kehitetyt ja kuvatut menetelmät vaativat alaa tuntevan käyttäjän, jotta saatavien tulosten tarkkuus olisi riittävä.

Tärkein havainto menetelmien käytössä Hornet-ympäristössä oli: Suorat vastakauppatyöt ovat taloudellisesti kannattavia vain, jos alkutöiden tekijä jatkaa kaluston ylläpitäjänä.

Yleisesti kokonaisuuden kannattavuutta parantavat tutkimuksen perusteella (tosin huonosti määriteltävissä olevat):

- Kaluston teknillinen hallinta
- Koko alueen kaupallinen hallinta

Tutkimuksen tavoitteena oli löytää ja kuvata vastakauppatöiden valinnan ja taloudellisen arvioinnin periaatteet ja menetelmät. Kuvattu tapa huomioida myös alkutöillä saatava ylläpidossa tarvittava osaaminen, antaa vastakauppojen kannattavuudesta todellisen kokonaiskuvan ja antaa samalla myös nykykäytäntöä paremmat perusteet vastakauppatöiden valintaan ja arviointiin.

Tutkimuksen tuloksena saadut menetelmät antavat asian tuntevalle käyttäjälle periaatteet ja suuntaviivat valintaan ja arviointiin, mutta eivät anna selviä, yksikäsitteisiä kaavoja ongelmien ratkaisuun.

10.2 Rajoitukset

Tässä tutkimuksessa on pääpaino ollut tehtäväalueen kartoituksessa ja teorian kehittämisessä, testaaminen on ollut varsin vähäistä ja tehty pääasiassa vain Hornet-aineistolla.

Tutkimuksen monessa kohdassa on jouduttu turvautumaan asiantuntija-arvioihin tai omiin kokemuksiin vastaavissa töissä, koska kyseiseltä alueelta ei ole ollut varsinaista tutkimustietoa käytettävissä.

Töiden valintamenetelmässä on käytetty yhdistelmiä yleisesti käytetyistä ja hyväksytyistä menetelmistä, joten menetelmä ja sillä saatavat tulokset ovat perusteiltaan oikeita.

Esitetty menetelmä töiden taloudellisen hyödyn arvioimiseksi perustuu myös yleisesti hyväksyttyihin menetelmiin, joten se on perusteiltaan oikea. Sen sijaan menetelmän käytössä tarvitaan niin monia arvattavia muuttujia, että tuloksen tarkkuus riippuu oleellisesti käyttäjän ammattitaidosta. Vaikka laskelmissa onkin käytetty tarkoilta näyttäviä arvoja, on todellinen tarkkuus enintään kolme merkitsevää numeroa.

Tärkeimpiä tutkimuksessa tehtyjä rajoituksia ovat:

- Tämä tutkimus perustuu organisaatioiden välisiin ulkoisiin asiakirjoihin. Organisaatioiden sisäisiä asioita ei ole tutkittu.
- Tässä tutkimuksessa on käytetty pääasiassa vain Hornet-aineistoa.
- Tutkimuksen perustana on käytetty teoreettista oppimiskäyrää ja sen perusteella tehtyjä laskelmia.
- Tässä tarkastelussa on käsitelty pääasiassa mekaanisia laitteita ja järjestelmiä, tärkeää elektroniikan osaa on vain sivuttu.
- Töiden antamaa hyötyä lentue- ja lennostotason ylläpidossa ei ole tässä tarkasteltu.

Tutkimuksen perusteet ja käytetyt menetelmät vaikuttavat oikeilta, mutta tässä laajuudessa tehdyn tutkimuksen tulokset ovat vain suuntaa antavia. Tätä tutkimusta onkin pidettävä alueen kartoituksena, joka antaa aiheita tarkempiin jatkotutkimuksiin.

10.3 Jatkotutkimusaiheet

Tämä tutkimus osoittaa, että käyttäjä tarvitsisi tässä esitettyjä helppokäyttöisemmät yleiset säännöt ja ohjeet töiden valinnalle ja kannattavuuden arvioinnille. Tästä syystä koko aluetta olisi tutkittava perusteellisemmin ja kehitettävä käyttäjäystävälliset työkalut alkutöiden valintaan ja kannattavuuden arviointiin.

Tutkimuksessa on tullut esiin myös useita yksittäisiä alueita, joita kannattaisi tutkia erikseenkin tarkemmin, mm:

- Miten teknologian siirto ja oppiminen käytännössä onnistuvat verrattuna teoreettisesti saatuihin arvoihin?
- Poikkeavatko käytännössä saadut tulokset kaupantekovaiheessa tehdyistä arvioista?
- Millä tavalla ja miten kokenut organisaatio oppii ja hyödyntää saamansa opin?
- Mitkä tekijät vaikuttavat käytännössä saavutetun tuloksen poikkeamisen oppimiskäyrän perusteella saadusta teoreettisesta tuloksesta?
- Miten keskuskorjaamoilla tehdyt aloitustyöt vaikuttavat lennostoissa?

10.4 Muu käyttö

Tässä on tarkasteltu lentokonehankintaa, mutta samat menettelytavat sopivat myös muihin tapauksiin, joissa hankittavan koneen, laitteen tai järjestelmän:

- Hankintahinta on suuri,
- Kaluston käyttöikä on pitkä,
- Toimintavarmuusvaatimus on korkea ja
- Toiminta halutaan turvata myös kriisiaikoina.

Tällaisia kohteita voisivat olla voimalaitokset, puolustusjärjestelmät ja suuret tietokonejärjestelmät.

11. LÄHTEET

11.1 Julkaisut:

- [Chase and Aquilano]:
Richard B. Chase and Nicholas J. Aquilano: *Production and Operations Management*, Irwin 1985
- [Järvinen]:
Pertti Järvinen: *ATK-toiminnan johtaminen*, Opinpajan kirja 2000
- [Järvinen ja Järvinen]:
Pertti Järvinen ja Annikki Järvinen: *Tutkimustyön metodeista*, Opinpajan kirja 2000
- [Lentokoneteollisuuden historia]:
Suomalaista lentokoneosaamista, Ilmailuvoimien lentokonetehtäät – Patria Finavitec Oy 1921 – 2001, 80 vuotta, Jyväskylä 2001
- [Sotataloustietoutta IV]:
Sotataloudellinen Seura ry: *Sotataloustietoutta IV*, Helsinki 1993
- [Tarkastuskertomus 5/99]
Valtiontalouden Tarkastusviraston Tarkastuskertomus 5/99: Hornet-hävittäjähankinnan vastakaupat

11.2 Artikkelit ja asiakirjat:

- [Barney]:
Barney J. B: *Firm resources and sustained competitive advantage*, *Journal of management* 17.
- [IlmavE 6.10.1997]:
Ilmavoimien esikunta: *Henkilöstöosaston Tiedotus 6.10.1997*
- [IlmavE 30.12.1999] Ilmavoimien esikunta, Lentoteknillinen osasto: *Eliniän kustannukset, Lentotuntihinnat Hornet/Hawk/Vinka 30.12.1999*
- [IlmavE 13.8.2002]:
Ilmavoimat: *TSS-esittely Torjuntajoukot 13.8.2002*
- [JAA]
Jaa-järjestelmä, (Joint Aviation Airworthines)
- [JAR]
JAR-ohjeisto, (Joint Aviation Regulations)
- [Ktm:n kompensaatiosäännöt]
Kauppa- ja teollisuusministeriö: *Suomen puolustusvälinehankintoja koskevat Kompensaatiosäännöt, 20.5.2002.*
- [Sopimus 19]
FAF:n ja AVI:n välinen sopimus 19 T 92, 21.08.1992.
- [Projektitarjousten laskenta]:
Valmet Aviation Industries Inc: *Projektitarjousten laskentaperiaatteet, 28.1.1992*

11.3 Valmet Lentokoneteollisuus Oy (Patria): Huolto-liiketoiminnan esittely- ja neuvotteluaineisto (Omat esitykset):

- [AVI 1] AVI 15.8.96/PK/tki/str.prs
- [AVI 2] AVI 28.10.96/PK/tki/laiteki.prs

- [AVI 3] AVI 28.10.96/PK/tki/lentok.prs
- [AVI 4] AVI 15.8.96/PK/tki/avif18.prs
- [AVI 5] AVI 25.2.1991/PK/Mjo
- [AVI 6] AVI 15.8.96/PK/tki/ylläp.prs
- [AVI 7] AVI 22.2.1991/PK/Mjo
- [AVI 8] AVI 1.2.1994/PK/Mjo
- [AVI 9] AVI 4.2.94/PK/ES/MJo

11.4 Haastattelut:

- [Kansanen] Insinöörieversti Niilo Kansanen, IlmavE (e-mail 4.2.2002 ja keskustelut 2002-2003)
- [Muuriaisniemi] Johtaja Veikko Muuriaisniemi, Patria (keskustelut 2001-2002)
- [Rytsy] Osastoinsinööri Seppo Rytsy, Patria lentokonehuolto (15.5.2002)
- [Tuhkanen] Tarkastuspäällikkö Timo Tuhkanen, Patria lentokonehuolto (keskustelut 2002)
- [Eklöf] Tuotantopäällikkö Matti Eklöf, Patria lentokonehuolto (keskustelut 2002)
- [Ylinen] Opettaja Harri Ylinen, Mäntän ammattikoulu (e-mail 25.11.2002 ja keskustelu 26.10.2002)
- [Torikka] Insinöörieverstilutnantti Aarno Torikka, Lentotekniikkalaitos (17.1.2003)

12. LYHENTEET

FAF	=	Suomen ilmavoimat
MDA	=	McDonnell Douglas, Hornetin valmistaja
USNavy	=	USA:n merivoimat, Hornetin myyjä
Patria	=	Patria Finavitec, vuoteen 1996 asti Valmet Lentokoneteollisuus Oy
IlmavE	=	Ilmavoimien esikunta
IlmavV	=	Ilmavoimien varikko, nykyisin Lentotekniikkalaitos
Lsto	=	Lennosto
Ltue	=	Lentue